

Fracturas supracondíleas de codo en los niños: enclavijado percutáneo lateral cruzado o divergente

JULIO JAVIER MASQUIJO,*§ JUAN MARCELO TOCONÁS,
§ JORGE BARRERA,§ MARIANA MIRALLES y JORGE ANTONIO PEDRO§

* *Departamento de Ortopedia y Traumatología Infantil, Sanatorio Allende, Córdoba*
*§ *Servicio de Ortopedia y Traumatología Infantil, Hospital de Niños de la Santísima Trinidad, Córdoba*

RESUMEN

Introducción: El tratamiento de las fracturas supracondíleas continúa siendo controversial respecto de la óptima configuración del enclavijado. La técnica de enclavijado lateral cruzado descrita recientemente permitiría una mayor estabilidad evitando la posibilidad de lesión del nervio cubital. No existen estudios que hayan comparado los resultados de esta técnica con otras configuraciones anteriores. El objetivo del presente trabajo es comparar los resultados funcionales y estéticos de dos técnicas de colocación de clavijas de Kirschner con ingreso percutáneo lateral.

Métodos: Se evaluaron 104 pacientes, 62 con configuración cruzada: grupo A (edad promedio $5,9 \pm 1,8$ años) y 42 con configuración lateral divergente: grupo B (edad promedio $7,4 \pm 0,9$ años). El seguimiento promedio fue de $14,2 \pm 1$ meses en el grupo A y de $36,2 \pm 1,6$ meses en el grupo B. Se evaluaron los resultados funcionales y estéticos mediante los criterios de Flynn. Se analizaron además las complicaciones y la pérdida de reducción posoperatoria.

Resultados: Los resultados funcionales y estéticos no presentaron diferencias significativas en ambos grupos. La tasa de complicaciones fue levemente superior en el grupo A (11,4% frente a 9,4%), aunque el único parámetro en el que se observaron diferencias estadísticamente significativas fue en la presencia de granulomas alrededor de las clavijas.

Conclusiones: Si bien la configuración lateral cruzada presentaría, en teoría, una mayor estabilidad rotacional, estas ventajas biomecánicas no se reflejan en los resultados funcionales ni estéticos.

PALABRAS CLAVE: Supracondílea. Fractura. Húmero. Enclavijado cruzado. Lateral.

MANAGEMENT OF SUPRACONDYLAR HUMERAL FRACTURES IN CHILDREN: COMPARISON OF TWO LATERAL-ENTRY WIRING TECHNIQUES

ABSTRACT

Background: Several controversies still remain with regard to the pin placement configuration in supracondylar humeral fractures in children. A recently described lateral cross-wiring technique would be biomechanically better, avoiding ulnar nerve injury. To our knowledge there are no studies comparing this technique with other wiring configurations. The aim of this study is to compare cosmetic and functional results of two lateral-entry wiring techniques.

Methods: 104 patients, 62 with cross configuration (average age 5.9 ± 1.8 years) and 42 with divergent lateral-entry configuration (average age 7.4 ± 0.9 years). The average follow-up was 14.2 ± 1.0 months in group A and 36.2 ± 1.6 months in group B. We evaluated the functional results and cosmesis using Flynn's criteria. We analyzed further complications and postoperative loss of reduction.

Results: The functional and cosmetic results did not differ significantly between groups. The complication rate was slightly higher in group A (11.4% vs. 9.4%), although excessive granulation tissue around the pins was the only parameter with a statistically significant difference.

Discussion: Although the cross-wiring configuration would theoretically have greater rotational stability, these biomechanical advantages are not reflected in the functional and cosmetic outcomes.

KEY WORDS: Supracondylar. Fracture. Humerus. Cross-wiring. Lateral.

Recibido el 30-10-2008. Aceptado luego de la evaluación el 17-4-2009.
Correspondencia:

Dr. JULIO JAVIER MASQUIJO
javimasquijo@yahoo.com.ar

Las fracturas supracondíleas del húmero representan una patología frecuente en los niños; constituyen el 3% a 7% de todas las fracturas y la mayoría de las fracturas del codo en esos pacientes.^{7,8,19}

Las modernas técnicas de tratamiento han disminuido drásticamente las tasas de consolidación viciosa y síndrome compartimental.²¹ Si bien el tratamiento más aceptado para las fracturas supracondíleas desplazadas es la reducción cerrada y fijación percutánea con clavijas de Kirschner, existe cierta controversia acerca de la óptima configuración del enclavijado. Las más utilizadas son las clavijas laterales divergentes y cruzadas (lateral y medial). Algunos estudios biomecánicos sugieren que la configuración con clavijas cruzadas es más estable.^{15,18,31} Aquellos que prefieren la colocación de clavijas laterales divergentes sostienen que la colocación de una clavija medial tiene un riesgo asociado de hasta el 6% de lesión iatrogénica del nervio cubital.^{4,6,13,16,21,22,26} En un intento de evitar esta lesión, en 2004 Shannon y cols.²⁴ describieron una técnica nueva en la cual la clavija cruzada se coloca desde lateral (técnica de Dorgan). No existen estudios que hayan comparado los resultados de esta técnica con otras configuraciones anteriores.

El objetivo de este estudio es comparar los resultados funcionales y estéticos de dos técnicas de colocación de clavijas de Kirschner con ingreso percutáneo lateral.

Materiales y métodos

Diseño del estudio: casos y controles (nivel de evidencia III).

Se analizaron prospectivamente todos los pacientes con diagnóstico de fractura supracondílea de codo desplazada por mecanismo de extensión, tratados con reducción cerrada y enclavijado percutáneo lateral cruzado (técnica de Dorgan) entre abril de 2006 y abril de 2007 en el servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital de Niños de la Santísima Trinidad (grupo A). Definimos fractura supracondílea a la fractura que se produce a través de la región metafisaria del húmero distal y que atraviesa ambas columnas (lateral y medial), sin compromiso de la región intercondílea. Se excluyeron los pacientes que presentaron fracturas por mecanismo en flexión, fracturas expuestas, fracturas cerradas que requirieran reducción abierta, historia clínica incompleta, ausencia de radiografías y seguimiento menor de 6 meses. Como grupo de control se utilizó un grupo de pacientes consecutivos tratados en el Sanatorio Allende en el período comprendido entre enero de 2004 y enero de 2008, en los cuales se utilizó una configuración lateral divergente (grupo B).

La información analizada incluyó datos demográficos (edad, sexo), características de la fractura (lado afectado, mecanismo de producción, clasificación según Gartland modificado por Wilkins²⁷ [Tabla 1] y lesiones asociadas), estado neurovascular (presencia preoperatoria de parestesias, parálisis o alteraciones

de la perfusión), la información clínica posoperatoria (infecciones superficiales o profundas, aparición y duración de parestesias o parálisis) y los resultados clínicos posoperatorios. Estos últimos fueron evaluados mediante los criterios de Flynn,¹¹ que analizan la amplitud de movimiento y la estética (ángulo de carga) (Tabla 2). Además, se evaluó el desplazamiento luego de la fijación comparando las radiografías posoperatorias inmediatas con aquellas en las que se observa la consolidación de la fractura. El ángulo de Baumann fue comparado entre ambas radiografías para analizar la pérdida de la reducción en el plano coronal. Este ángulo se encuentra formado por la línea fisaria del cóndilo lateral y una línea perpendicular al eje axial del húmero. El ángulo normal es entre 9° y 26°. Dado que el ángulo de Baumann presenta variaciones de 6° por cada 10° de rotación humeral,⁵ se decidió tomar como pérdidas de reducción significativas sólo las diferencias mayores de 12°, como lo hicieron ya otros autores.²⁵ La información se obtuvo de las historias clínicas del archivo del Hospital de Niños y del Sanatorio Allende. Para la recolección se confeccionó una base de datos en Microsoft Office Excel 2007®, donde se incluyeron las variables seleccionadas.

Descripción de la técnica

Se coloca al paciente en decúbito dorsal bajo anestesia general y monitoreo intraoperatorio. Se realiza tracción en el eje del brazo en extensión para restaurar la longitud del miembro. Luego se corrigen las desviaciones en varo-valgo. Conservando la tracción se flexiona el codo y se reduce el fragmento distal al comprimir el olécranon y flexionar el codo. De no conseguirse una flexión completa, se reevalúa la reducción, ya que suele deberse a una reducción incompleta. El codo se mantiene flexio-

Tabla 1. Clasificación de Gartland

Tipo	Característica
I	No desplazada
II	Desplazada con cortical posterior intacta
III	Desplazada sin contacto de las corticales a. Posteromedial b. Posterolateral

Tabla 2. Criterios de Flynn¹¹

Resultados	Factor funcional Pérdida de movilidad (grados)	Factor estético Pérdida del ángulo de carga (grados)
Excelente	0-5	0-5
Bueno	6-10	6-10
Regular	11-15	11-15
Pobre	> 15	> 15

nado a 90° para tensar la bisagra posterior y conservar la reducción. Se controla la posición de los fragmentos con intensificador de imágenes con una vista de Jones y un perfil rotando el arco en C para evitar la pérdida de reducción. Si luego de tres intentos de manipulación no se puede obtener una alineación correcta, se decide abordar la fractura.

Una vez conseguida una reducción satisfactoria, se colocan dos clavijas de Kirschner de 1,5 o 2 mm. El tamaño de las clavijas es decidido arbitrariamente por el cirujano en el momento de la cirugía de acuerdo con el tamaño y la edad del paciente. En la técnica de enclavijado lateral cruzado (técnica de Dorgan), la primera clavija se introduce desde el cóndilo lateral en dirección ascendente (retrógrada), atravesando la fractura hasta perforar la cortical contralateral. La segunda clavija se introduce en dirección descendente (anterógrada) desde lateral en la región metafisaria, 3 o 4 cm proximal al trazo de fractura hacia el cóndilo medial (Fig. 1). Esta clavija no debe atravesar la cortical más de 1-2 mm para evitar el riesgo de lesión del nervio cubital. En la técnica de enclavijado lateral divergente, ambas clavijas se introducen desde el cóndilo lateral en dirección ascendente (divergente) intentando que estén lo más separadas posible a nivel del trazo de fractura. En el plano sagital, la dirección deseada es levemente de anterior a posterior, ya que el capiteulum es anterior al centro del húmero. Después se realizan pruebas de estabilidad en varo-valgo y flexión-extensión bajo control radioscópico. Si existen dudas sobre la estabilidad de la configuración, se decide colocar una tercera clavija desde lateral. Luego se doblan las clavijas y se las deja por fuera de la piel para facilitar su extracción. Se colocan gasas alrededor de las clavijas a fin de evitar su migración, y yeso o férula posterior

braquialpalmar. Se realizan controles clínico-radiográficos semanales. Las clavijas se retiran en el consultorio 4 semanas después de la consolidación de la fractura.

Análisis estadístico

Las variables continuas se expresaron como promedio y desviación estándar (DE) y el resto de las variables, en forma de porcentajes. Se utilizó la prueba de la *t* de Student para la comparación entre las diferentes configuraciones utilizadas (divergentes o cruzadas). El análisis estadístico se realizó con Microsoft Excell® (Microsoft, Redmond, WA, EE. UU.). Una $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativa.

Resultados

El grupo A (configuración lateral cruzada) estaba formado por una cohorte de 62 pacientes (39 varones y 23 mujeres), con un promedio de edad de $5,9 \pm 1,8$ años. Trece fracturas fueron clasificadas como Gartland II y 49, como Gartland III. El grupo B (configuración lateral divergente) incluyó a 42 pacientes (24 varones y 18 mujeres), con un promedio de edad de $7,4 \pm 0,9$ años. Dieciséis fracturas fueron clasificadas como Gartland II y 28, como Gartland III. El seguimiento promedio fue de $14,2 \pm 1$ meses en el grupo A y de $36,2 \pm 1,6$ meses en el grupo B (Tabla 3). Todas las fracturas se consolidaron en un

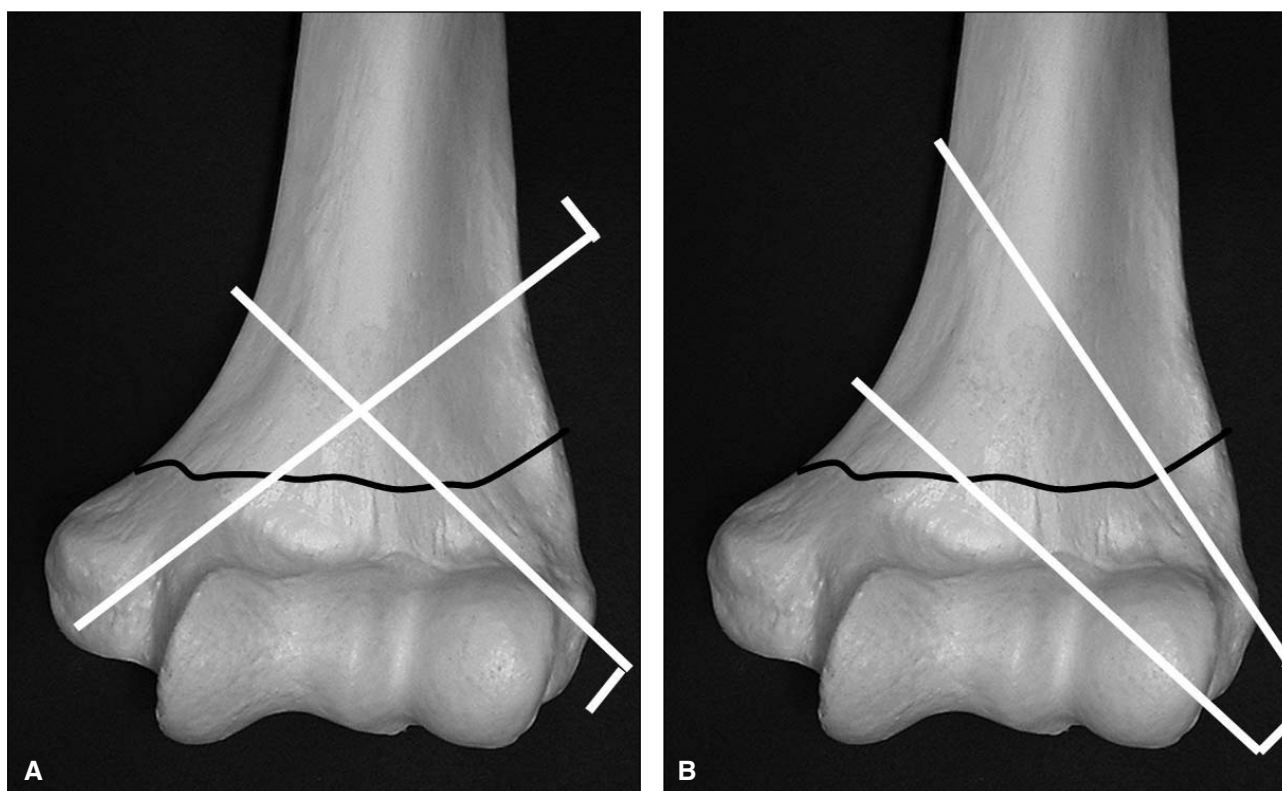


Figura 1. A. Configuración lateral cruzada. B. Configuración lateral divergente.

promedio de 4 semanas (*r* 3-5 semanas). No se observaron diferencias significativas en ambos grupos con respecto a los resultados funcionales y estéticos evaluados con el puntaje de Flynn (Tabla 4). Tres casos del grupo B presentaron resultados regulares en el aspecto estético: dos de ellos se debieron a pérdidas de corrección y el restante, a una reducción no anatómica.

La tasa de complicaciones fue levemente superior en el grupo A (11,4% frente a 9,4%), aunque el único parámetro en el que se observaron diferencias estadísticamente significativas fue en la presencia de granulomas alrededor de las clavijas (A: 8%; B: 0%). Se presentaron dos pérdidas de corrección del ángulo de Baumann en el grupo tratado con enclavijado divergente. En ambos casos la falla se debió a que una de las clavijas no tomaba correctamente el fragmento proximal (Fig. 2).

Discusión

Los objetivos en el tratamiento de las fracturas supracondíleas de húmero son obtener una fijación lo suficientemente estable para permitir la consolidación sin desplazamientos secundarios y evitar la lesión neurológica iatrogénica durante la introducción de las clavijas. Si bien la reducción cerrada y fijación percutánea representa el tratamiento de elección de las fracturas supracondíleas de

Tabla 3. Prueba de la *t* de Student: *p* < 0,05

	Enclavijado cruzado	Enclavijado divergente
N	62	42
Edad (años)	5,9 ± 1,8	7,4 ± 0,9
Sexo (M/F)	39/23 (1,6/1)	24/18 (1,3/1)
Lado (D/I)	26/36	17/25
Seguimiento (meses)	14,2 ± 1	36,2 ± 1,6
Gartland:		
- II	13	16
- III	49	28
Pérdida de corrección	0 (0%)	2 (4,7%)
Infección superficial	4 (6,4%)	2 (4,7%)
Granulación	5 (8%)*	0 (0%)*
Lesión neurológica iatrogénica	0 (0%)	0 (0%)

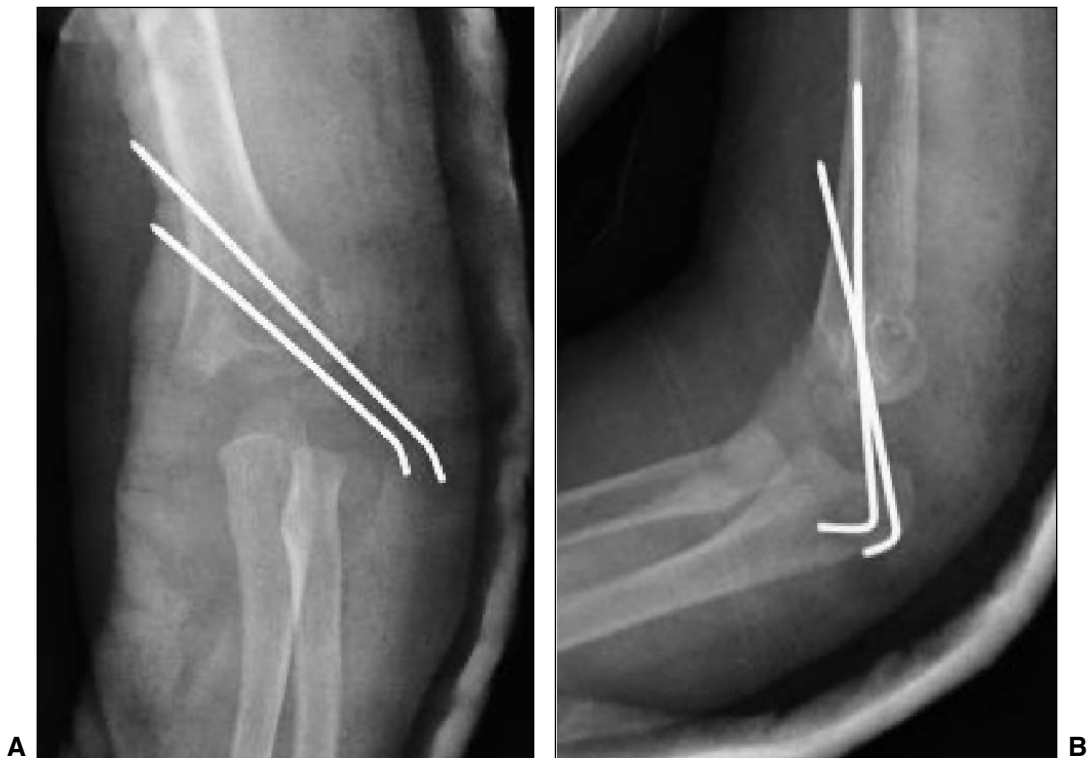


Figura 2. A y B. Pérdida de corrección. Enclavijado lateral divergente. Obsérvese cómo las clavijas no tienen la suficiente separación al nivel de la fractura y la clavija distal no toma correctamente el fragmento proximal.

tipo Gartland II y III, la configuración de las clavijas para la estabilización continúa siendo materia de debate.^{1,19,28}

Algunos estudios biomecánicos han intentado evaluar la fuerza torsional de las diferentes configuraciones. Zions y cols.³¹ realizaron un estudio experimental en el que efectuaron osteotomías en húmeros cadavéricos simulando fracturas supracondíleas y las fijaron con diferentes configuraciones. Onwuanyi¹⁸ evaluó a 44 niños con fracturas supracondíleas tratados con distintas configuraciones. Ambos encontraron que las clavijas cruzadas presentaron una mayor resistencia al desplazamiento torsional que las colocadas paralelas laterales. Lamentablemente, en ambos estudios las clavijas fueron colocadas paralelas, sin máxima separación en el trazo de fractura, por lo que los hallazgos no pueden considerarse válidos. Una revisión sistemática realizada hace poco³ sobre 35 artículos, mostró una pérdida de reducción posoperatoria levemente superior en la configuración con clavijas laterales con respecto a las cruzadas (0,7% : 4 de 606 fracturas frente a 0%: 0 de 849 fracturas). En la mayoría de los casos la pérdida de reducción se debió a errores técnicos identificables y prevenibles con una técnica correcta. Zankar y Flynn²³ clasificaron los errores de fijación en tres tipos: a) error al fijar ambos fragmentos, b) falla para conseguir una fijación bicortical y c) separación inadecuada para conseguir el control de las rotaciones. En nuestra serie, hubo dos pérdidas de corrección en el posoperatorio. Ambas fueron errores de técnica tipo A que podrían haberse evitado.

La tasa de lesiones descrita del nervio cubital asociadas con el uso de clavijas cruzadas es del 0% al 6%.^{4,6,13,16,21,22,26,30} Estas se pueden producir por la penetración directa de la clavija, la constricción del túnel cubital o el atrapamiento de las partes blandas que fijan el nervio anterior al epicóndilo medial.¹¹ Si bien la mayoría de los casos se resuelven antes del año, se han informado casos de lesiones iatrogénicas permanentes.^{20,21} Wind²⁹ demostró que la localización del nervio cubital por palpación no es lo suficientemente confiable para colocar la clavija medial a ciegas. En un intento de evitar esta lesión, algunos autores propusieron la colocación de la clavija medial a través de un abordaje mínimo.¹² Pero ni aun reali-

zando una incisión medial se tiene la completa seguridad de no lesionar el nervio cubital, ya que se ha publicado un caso de lesión iatrogénica al colocar la clavija medial a través de una técnica con miniincisión.² Si bien con la inserción de una clavija cruzada lateral se evitaría la lesión cubital, en teoría el ingreso proximal podría dañar el nervio radial. Sin embargo, este nervio está situado anterior al septo intermuscular a ese nivel y puede evitarse si se entra en la piel levemente posterior en el plano coronal.

Shannon²⁴ fue el primer autor que describió la técnica de enclavijado cruzado lateral. En su descripción original refiere resultados satisfactorios en los 20 pacientes tratados (2 Gartland II y 18 Gartland III). Con un seguimiento promedio de 15 meses (*r*, 8-18 meses) todas las fracturas se consolidaron con un ángulo de carga promedio de 15° y se obtuvo una amplitud de movimiento completa. No se presentaron lesiones neurológicas posoperatorias y las complicaciones estuvieron relacionadas con las clavijas: una infección superficial que respondió al tratamiento antibiótico oral y cinco granulomas (40%) alrededor de la clavija tratados en forma satisfactoria con nitrato de plata. Eberhardt⁹ evaluó 84 fracturas supracondíleas tratadas con este método. A los 18,9 meses de seguimiento obtuvo 90,5% de buenos o excelentes resultados, sin desplazamientos secundarios ni lesiones neurológicas iatrogénicas. El-Adl¹⁰ informó resultados similares en una serie retrospectiva de 70 pacientes con fracturas Gartland II y III. Todos los pacientes tuvieron resultados funcionales aceptables y el 91,4%, resultados satisfactorios desde el punto de vista estético. En coincidencia con Shannon,²⁴ la formación de granulomas fue la complicación, aunque menor, más frecuente; se presentó en el 45% de los casos y la mayoría de ellos alrededor de la clavija proximal. En nuestra serie, aunque el porcentaje fue menor que en los estudios citados (8%), fue la única variable con diferencias estadísticamente significativas en comparación con el grupo de enclavijado lateral divergente. Esta complicación probablemente se deba a una mayor tensión de la piel a este nivel.

En un estudio prospectivo aleatorizado que incluyó a 52 pacientes no se encontraron diferencias clínicas ni radiográficas significativas entre los grupos con clavijas cruzadas (mediales y laterales) y aquellos con una configuración lateral divergente.¹⁴ Blanco,² en otro estudio

Tabla 4. Resultados según los criterios de Flynn¹¹

Resultados	Factor funcional		Factor estético	
	Cruzado	Divergente	Cruzado	Divergente
Excelente	40 (64,5%)	22 (52,4%)	45 (72,5%)	17 (40,5%)
Bueno	22 (35,5%)	20 (47,6%)	17 (27,5%)	22 (52,4%)
Regular	-	-	-	3 (9,1%)
Pobre	-	-	-	-

prospectivo, tampoco encontró diferencias significativas en los resultados radiográficos en el manejo de fracturas completamente desplazadas. No se han publicado hasta el momento trabajos que comparen la reciente técnica de Dorgan con la más utilizada en la mayoría de los centros (lateral divergente).

En nuestra serie de 104 casos con un seguimiento promedio de 2 años no se observaron diferencias significativas en ambos grupos con respecto a los resultados funcionales y estéticos evaluados con el puntaje de Flynn. Si bien la configuración cruzada presentaría ventajas biomecánicas, estas no se reflejan en los resultados finales.

Bibliografía

1. **Beatty JH, Kasser JR.** Fractures about the elbow. *Instr Course Lect.* 1995;44 : 199-215.
2. **Blanco JS, Gaston G, Cates T, Busch MT, Schmitz ML, Schrader T, Devito DP, Fabregas J.** *Lateral pin versus crossed pin fixation in type 3 supracondylar humerus fractures: a randomized prospective study.* Read at the Annual Meeting of the Pediatric Orthopaedic Society of North America; 2007 May 23-26; Hollywood, FL.
3. **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;27:181-6.
4. **Brown IC, Zinar DM.** Traumatic and iatrogenic neurological complications after supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1995;15:440-3.
5. **Camp J, Ishizue K, Gomez M, Gelberman R, Akeson W.** Alteration of Baumann's angle by humeral position: implications for treatment of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 1993;13:521-5.
6. **Cheng JC, Lam TP, Shen WY.** Closed reduction and percutaneous pinning for type III displaced supracondylar fractures of the humerus in children. *J Orthop Trauma.* 1995;9:511-5.
7. **Cheng JC, Ng BK, Ying SY, Lam PK.** A 10-year study of the changes in the pattern and treatment of 6,493 fractures. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:344-50.
8. **Diméglio A.** Growth in pediatric orthopaedics. In: Morrissy RT, Weinstein SL, editors. *Lovell and Winter's pediatric orthopaedics.* 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2005. p 35-65.
9. **Eberhardt O, Fernandez F, Ilchmann T, Parsch K.** Cross pinning of supracondylar fractures from a lateral approach. *Stabilization achieved with safety.* *J Child Orthop* (2007) 1:127-133.
10. **El-Adl WA, El-Said MA, Boghdady GW, Ali AM.** Results of treatment of displaced supracondylar humeral fractures in children by percutaneous lateral cross-wiring technique. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2008 April; 3(1): 1-7.
11. **Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL.** Blind pinning of displaced supracondylar fracture of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56:263-72.
12. **Green DW, Widmann RF, Frank JS, Gardner MJ.** Low incidence of ulnar nerve injury with crossed pin placement for pediatric supracondylar humerus fractures using a mini-open technique. *J Orthop Trauma.* 2005;19:158-3.
13. **Ikram MA.** Ulnar nerve palsy: a complication following percutaneous fixation of supracondylar fractures of the humerus in children. *Injury.* 1996;27:303-5.
14. **Kocher MS, Kasser JR, Waters PM, Bae D, Snyder BD, Hresko MT, Hedequist D, Karlin L, Kim YJ, Murray MM, Millis MB, Emans JB, Dichtel L, Matheney T, Lee BM.** Lateral entry compared with medial and lateral entry pin fixation for completely displaced supracondylar humeral fractures in children. A randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:706-12.
15. **Lee SS, Mahar AT, Miesen D, Newton PO.** Displaced pediatric supracondylar humerus fractures: biomechanical analysis of percutaneous pinning techniques. *J Pediatr Orthop.* 2002;22:440-3.
16. **Lyons JP, Ashley E, Hoffer MM.** Ulnar nerve palsies after percutaneous cross-pinning of supracondylar fractures in children's elbows. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:43-5.
17. **Omid R, Choi PD, Skaggs DL.** Supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1121-32.
18. **Onwuanyi ON, Nwobi DG.** Evaluation of the stability of pin configuration in K-wire fixation of displaced supracondylar fractures in children. *Int Surg.* 1998;83:271-4.
19. **Otsuka NY, Kasser JR.** Supracondylar fractures of the humerus in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 1997;5:19-26.
20. **Ramachandran M, Birch R, Eastwood DM.** Clinical outcome of nerve injuries associated with supracondylar fractures of the humerus in children: the experience of a specialist referral centre. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:90-4.
21. **Rasool MN.** Ulnar nerve injury after K-wire fixation of supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1998; 18:686-90.

22. **Royce RO, Dutkowsky JP, Kasser JR, Rand FR.** Neurologic complications after K-wire fixation of supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 1991;11:191-4.
23. **Sankar WN, Hebela NM, Skaggs DL, Flynn JM.** Loss of pin fixation in displaced supracondylar humeral fractures in children: causes and prevention. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:713-7.
24. **Shannon FJ, Mohan P, Chacko J, D'Souza LG.** Dorgan's percutaneous lateral cross-wiring of supracondylar fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop* 2004;24:376-79.
25. **Skaggs DL, Cluck MW, Mostofi A, et al.** Lateral-entry pin fixation in the management of supracondylar fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:702-07.
26. **Skaggs DL, Hale JM, Bassett J, Kaminsky C, Kay RM, Tolo VT.** Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequence of pin placement. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83:735-40.
27. **Wilkins KE.** Supracondylar fractures of the distal humerus. In: Rockwood CA Jr, Wilkins KE, Beaty JH, editors. *Fractures in children.* 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996. p. 669-750.
28. **Wilkins KE.** Supracondylar fractures: what's new? *J Pediatr Orthop B.* 1997; 6:110-6.
29. **Wind WM, Schwend RM, Armstrong DG.** Predicting ulnar nerve location in pinning of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 2002;22:444-7.
30. **Zaltz I, Waters PM, Kasser JR.** Ulnar nerve instability in children. *J Pediatr Orthop.* 1996;16:567-9.
31. **Zionts LE, McKellop HA, Hathaway R.** Torsional strength of pin configurations used to fix supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76:253-6.