

# Osteosíntesis percutánea con placas volares bloqueadas en fracturas metafisarias distales de radio

## Descripción de la técnica y resultados preliminares

NATALIA DEL MILAGRO GUTIÉRREZ OLIVERA, LUIS RUCHELLI, LEANDRO SALCEDO ZUNINO,  
ALBERTO J. JABIF, CHRISTIAN A. ALLENDE NORES

*Instituto Allende de Cirugía Reconstructiva de los Miembros,  
Servicio de Traumatología y Ortopedia, Sanatorio Allende, Córdoba*

Recibido el 22-7-2013. Aceptado luego de la evaluación el 10-11-2015 • Dra. NATALIA DEL MILAGRO GUTIÉRREZ OLIVERA • nataliagutoli@gmail.com

### Resumen

**Objetivo:** Evaluar los resultados objetivos y subjetivos obtenidos luego de una osteosíntesis con placas en T bloqueadas volares, colocadas mediante una técnica mínimamente invasiva, en fracturas de radio distal con extensión metafisaria.

**Materiales y Métodos:** Evaluación retrospectiva de seis pacientes adultos que presentaron fracturas inestables de radio distal, extrarticulares o articulares parciales, con extensión metafisaria, tratadas quirúrgicamente con placas en T largas de compresión bloqueadas volares, mediante una técnica mínimamente invasiva, entre 2007 y 2012. Edad promedio: 40.17 años. Fracturas de tipo 23A3 (n = 6) de la Clasificación AO/OTA. Se realizó la reducción indirecta, bajo radioscopia y, a través de dos pequeñas incisiones, se deslizó, en forma percutánea, una placa bloqueada volar en T. Se analizaron los parámetros radiográficos, el rango de movimiento y la fuerza. Los resultados subjetivos fueron evaluados usando la escala DASH y la escala analógica visual.

**Resultados:** Tiempo de consolidación promedio: 2.4 meses. Los resultados radiográficos no mostraron diferencias significativas entre el primero y el último control al año de seguimiento. Flexión y extensión promedio: 70° y 60°, pronación y supinación: 79° y 80°, respectivamente. Fuerza de prensión promedio: 78,4%. Puntaje DASH 19,82; escala analógica visual 1,5 puntos.

**Conclusiones:** Las técnicas mínimamente invasivas reducen el daño quirúrgico y las complicaciones. Son una opción en pacientes con daño grave de partes blandas, conminución metafisaria y trauma de alta energía. La colocación de placas volares bloqueadas percutáneas es un procedimiento técnicamente demandante, permite obtener fijaciones estables y restaurar la anatomía radial en fracturas de radio distal con extensión metafisaria.

**Palabras clave:** Radio distal; fracturas metafisarias; placas bloqueadas volares, osteosíntesis percutánea.

**Nivel de Evidencia:** IV

**PERCUTANEOUS VOLAR LOCKED PLATE FIXATION IN METAPHYSEAL FRACTURES OF DISTAL RADIUS:  
TECHNICAL DESCRIPTION AND PRELIMINARY RESULTS**

### Abstract

**Objective:** To evaluate objective and subjective outcomes after closed reduction and minimally invasive volar locked T-plate osteosynthesis for distal radius fractures with metaphyseal involvement.

Conflicto de intereses: Este trabajo fue realizado sin aportes financieros.

**Methods:** We retrospectively evaluated six patients treated with minimally invasive volar locked T-plate osteosynthesis for unstable extra-articular or partial articular distal radius fractures with metaphyseal involvement, between 2007 and 2012. Average age: 40.17 years. According to the AO/OTA classification, all patients had 23A3 type fractures. Indirect reduction was performed. Two volar small incisions were made; a volar locked compression T-plate was introduced in the sub-muscular plane, under radioscopic guidance. Analysis included radiological parameters, range of motion and strength. Subjective results were assessed using DASH score and the Visual Analogue Scale.

**Results:** All fractures healed within 2.4 months. Radiographic outcomes showed no differences between the first postoperative control and the last one at one-year follow-up. Average flexion and extension 70° and 60°, pronation and supination: 79° and 80°. Grip strength: 78.4%. DASH score 19.82 and visual analogue scale: 1.5 points.

**Conclusions:** Minimally invasive technique decreases surgical injury and complications. It is an option in patients with metaphyseal comminution, severe soft tissue injuries and high energy trauma. Percutaneous volar locked compression plate allows to obtain a stable fixation and to restore distal radius anatomy in radius fractures with metaphyseal involvement.

**Key words:** Distal radius; metaphyseal fractures; locked volar plates; percutaneous plating.

**Level of Evidence:** IV

## Introducción

Aunque existe controversia sobre el mejor tratamiento para las fracturas de radio distal, con las placas bloqueadas volares se han logrado buenos resultados radiográficos y funcionales en fracturas inestables de radio distal, permiten obtener una fijación estable que posibilita una rápida movilización de la articulación sin perder la reducción lograda, utilizando un abordaje volar aun en fracturas con conminución y desplazamiento dorsal, y sin necesidad de injertos o sustitutos óseos.<sup>1-3</sup> La técnica convencional de reducción abierta y fijación interna con placas implica un abordaje amplio y la desinserción de tejidos blandos para lograr una reducción anatómica, con el compromiso del aporte sanguíneo de los fragmentos fracturados,<sup>4</sup> lo cual podría incrementar el riesgo de infección y de retraso de la consolidación.<sup>5</sup> La “fijación interna biológica” mediante técnicas mínimamente invasivas e implantes de bajo contacto nació con el fin de preservar el aporte vascular y los factores tróficos del hematoma fracturario, disminuir el trauma quirúrgico y las posibles complicaciones en el tratamiento de fracturas complejas metafiso-diafisarias o periarticulares de los miembros inferiores que no podían ser tratadas adecuadamente con clavos endomedulares;<sup>6-9</sup> luego, se extendió su aplicación a fracturas en el miembro superior, principalmente a las fracturas de húmero;<sup>10-14</sup> se ha publicado poco sobre su aplicación en las fracturas de radio distal.<sup>15-17</sup>

El objetivo de este estudio es evaluar los resultados objetivos y subjetivos obtenidos luego una osteosíntesis con placas en T bloqueadas volares, colocadas con una técnica mínimamente invasiva, en fracturas de radio distal con extensión metafisaria.

## Materiales y Métodos

Se evaluaron retrospectivamente seis pacientes adultos que presentaron fracturas inestables de radio distal, extrarticulares o articulares parciales, con extensión a metafisis

distal del radio, tratadas quirúrgicamente mediante la estabilización con placas en T largas de compresión bloqueadas volares, utilizando una técnica mínimamente invasiva, entre 2007 y 2012. Los pacientes eran cinco hombres y una mujer, con una edad promedio de 40.17 años (rango de 26 a 54). Tres tenían fractura en el miembro izquierdo (no dominante) y tres, en el derecho (dominante). Las fracturas fueron clasificadas según el sistema AO/OTA<sup>18</sup> como de tipo 23A3. Todas eran cerradas. El mecanismo de lesión fue de alta energía en todos los casos, cinco por accidentes de tránsito y una por caída de altura. En dos casos, se observó fractura de la apófisis estiloides cubital y, en dos, a nivel del cuello del cúbito. El tiempo desde la lesión hasta la cirugía fue, en promedio, de tres días (rango de 0 a 5). Solo un paciente presentaba síntomas de neuroapraxia del nervio mediano al ingresar en la institución, por lo que fue intervenido quirúrgicamente de urgencia. Tres pacientes tenían fracturas asociadas en el miembro inferior (Tabla 1).

La cirugía se llevó a cabo con los pacientes en decúbito dorsal, con el miembro afectado extendido en una mesa radiolúcida y bajo anestesia regional (bloqueo medio humeral, cuando era lesión única) o general (en los pacientes con fracturas del miembro inferior, que fueron tratadas en forma simultánea). En primer lugar, se realizó tracción del miembro y se efectuaron maniobras de reducción indirecta, bajo visión radioscópica; luego, se procedió al abordaje distal, el cual fue oblicuo, siguiendo la orientación de la inclinación del radio distal, entre el palmar mayor y la arteria radial, desde proximal al pliegue de la muñeca y extendiéndose proximalmente de 2-3 cm (adecuado para que pase el segmento distal de la placa en T) (Figura 1). El tendón del músculo palmar mayor se separa hacia cubital y la arteria radial es protegida y retraída hacia radial; en el plano profundo, se observa el borde distal del músculo pronador cuadrado, se libera a ese nivel con un elevador de periostio formando un canal submuscular, por el cual se desliza la placa en forma retrógrada. Una vez deslizada la placa, se la alinea con la diáfisis del radio, se confirma por radioscopia

**Tabla 1.** Pacientes: datos demográficos

N.º	Edad (años)	Sexo	Clasificación AO/OTA	Fractura de cúbito asociada	Osteosíntesis de cúbito	Tipo de fractura	Causa	Heridas asociadas	Patologías asociadas	Miembro dominante	Implante	Tomillos distales Pegs	Tomillos proximales	Placa modelo	Seguimiento (meses)	Consolidación (meses)
1	43	M	23A3	Fractura del cuello cubital	Banda de tensión	Cerrada	Accidente de tránsito (moto vs auto)	TCE. Fractura de cúbito distal Fractura del tercer metacarpiano Fractura de acetábulo homolateral	No	No	PCB volar 4 x 9 orificios	3	3 bloqueados	V-07	48	2
2	45	M	23A3	Fractura de estiloides cubital	No	Cerrada	Accidente de tránsito (bicicleta vs moto)	Fractura de tibia expuesta Gustillo IIIB /amputación, TCE	Diabetes mellitus de tipo 1, hipertensión arterial, hipercolesterolemia	No	PCB volar 4 x 8 orificios	3	4 bloqueados	V-07	12	3
3	54	F	23A3	No	No	Cerrada	Accidente de tránsito (auto)	No	Hipertensión arterial, tabaquismo	Si	PCB volar 4 x 6 orificios	4	2 bloqueados	V-05	74	3
4	43	M	23A3	Fractura de cuello cubital	No	Cerrada	Accidente de tránsito (moto vs auto)	Neuropraxia del nervio mediano	No	No	PCB volar 4 x 9 orificios	3	3 bloqueados	V-07	12	2
5	30	M	23 A3	No	No	Cerrada	Caída de altura	No	No	Si	PCB volar 4 x 4 orificios	4	1 bloqueado 1 compresivo	V-07	12	2
6	26	M	23 A3	Fractura de estiloides cubital	No	Cerrada	Accidente de tránsito (moto vs auto)	No	No	Si	PCB volar 4 x 6 orificios	4	2 bloqueados 1 compresivo	V-07	12	2,5
Me- dia	40,17											3,5	2,8		28,3	2,41

PCB = placa de compresión bloqueada; TCE = traumatismo craneoencefálico.



▲ **Figura 1.** Técnica percutánea. Abordaje volar. Obsérvense las incisiones proximal y distal, así como la colocación del implante.

su correcto largo y la altura de colocación; entonces, se realiza la incisión proximal, de 1 a 2 cm de longitud, a nivel de los orificios proximales de la placa (Figura 1). Primero, se coloca uno de los tornillos proximales (preferentemente en un orificio oval, para permitir las correcciones en la altura de colocación de las placas, si fuera necesario) y se repiten las maniobras de reducción indirecta (tracción, flexión y desviación cubital de la muñeca) hasta lograr una reducción y una altura adecuadas del implante respecto al radio

distal, y se colocan los tornillos lisos distales (Pegs). La tracción de los músculos que se insertan en el radio distal (supinador largo y pronador cuadrado) puede dificultar la reducción solo con maniobras de tracción y, cuando la reducción lograda con este método es insuficiente, un elevador de periostio o una palanca pueden ayudar a conseguir la reducción, en forma indirecta, bajo control radioscópico, sin necesidad de extender las exposiciones (Figura 2). Por último, se coloca el resto de los tornillos proximales.



▲ **Figura 2.** A. Radiografías anteroposterior y lateral de muñeca, fractura de tipo 23A3. B. Imagen intraoperatoria. Obsérvense la reducción en forma indirecta utilizando una palanca, colocada a través del abordaje distal, del fragmento metafisario proximal desplazado. C. Resultado posoperatorio: osteosíntesis con una placa en T volar para radio distal bloqueada de 4 x 9 orificios. D. Consolidación a los dos meses.

Se utilizaron placas bloqueadas volares premoldeadas para radio distal largas de 3,5 mm (Implant/Aval Pro, Argentina), modelo V-05 en un caso<sup>17</sup> y V-07, en cinco casos.<sup>1</sup> El largo de las placas promedió 4 x 7 orificios (rango de 4 x 4 a 4 x 9). En un caso de fractura a nivel del cuello cubital, se realizó una estabilización con banda de tensión utilizando clavijas de Kirschner y alambre. A pesar de considerar estable la osteosíntesis lograda a nivel del radio, se decidió inmovilizar a los pacientes con yeso braquialmar durante seis semanas, con el objetivo de disminuir el estrés a nivel de las fracturas de cúbito (cuatro pacientes), para unificar criterios se inmovilizó, durante el mismo tiempo, a los dos casos sin lesión asociada. En el posoperatorio, se indicó movilidad inmediata de dedos, mantener el miembro elevado y sostenido mediante un cabestrillo. Al cumplir la sexta semana, se retiró el yeso, se indicó movilidad activa suave, en forma independiente, durante una semana, y posteriormente, asistencia con fisioterapia.

Se realizaron controles radiográficos (incidencias anteroposterior y de perfil de muñeca), en el posoperatorio inmediato, las semanas 3 y 6, y los meses 3, 6, 9 y 12 luego de la cirugía. Se compararon las radiografías del posoperatorio inmediato con las obtenidas al año de la cirugía, evaluando en cada estudio radiográfico las modificaciones en la altura radial (valor normal: 12 mm), la inclinación radial (valor normal: 22°) y el ángulo volar (valor normal: 11°). Se registraron todos los datos demográficos obtenidos del archivo de historias clínicas. Al final del seguimiento, el análisis objetivo se efectuó midiendo el rango de movimiento con un goniómetro y la fuerza de prensión con un dinamómetro. Para la evaluación subjetiva, se utilizó el puntaje DASH (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*);<sup>19</sup> la percepción del dolor se evaluó con la escala analógica visual,<sup>20</sup> los cuestionarios fueron respondidos a los 12 meses de la cirugía.

## Resultados

El seguimiento promedió 28.3 meses (rango de 12 a 74). Las fracturas consolidaron en un promedio de 2.4 meses (rango de 2 a 3). En las radiografías del posoperatorio inmediato, la altura radial fue, en promedio, de 14 mm (rango de 10 a 17); la inclinación radial, de 23° (rango de 21° a 26°) y la inclinación volar, de 10,5° (rango de 8° a 14,5°). Al comparar estas cifras con las obtenidas en las radiografías de los 12 meses, la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ) (Tabla 2).

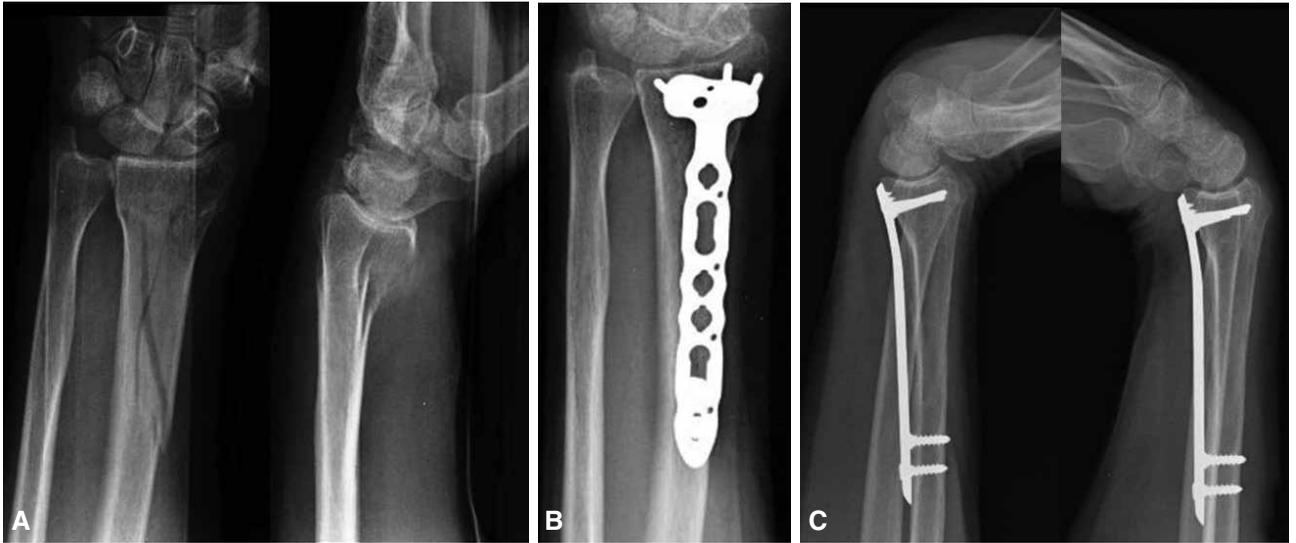
Con respecto a los resultados funcionales registrados en el último control, los valores para el rango de movimiento fueron: flexión promedio 75° ± 10°, extensión 70° ± 20°, desviación radial 25° ± 11°, desviación cubital 25° ± 10°, supinación 77° ± 10°, pronación 78° ± 9° (Figuras 3 y 4). Al comparar con las cifras obtenidas en el miembro contralateral, la diferencia fue significativa solo para los movimientos de supinación y pronación ( $p \leq 0,05$ ). La fuerza de prensión promedio fue del 86% con respecto al miembro no afectado ( $p \geq 0,05$ ) (Tabla 3). El puntaje DASH promedió 19,82 (rango de 1,6 a 55,83) y la escala analógica visual para la percepción del dolor arrojó 1,5 puntos (rango de 0 a 5) (Tabla 3). Todos los pacientes manifestaron estar conformes con la cicatriz quirúrgica. En el paciente que sufrió síntomas de compresión del nervio mediano después de la fractura, la sintomatología mejoró luego de la reducción quirúrgica, sin necesidad de liberar el nervio; a los 12 meses de la cirugía, no tenía clínica de neuroapraxia. Solo un paciente manifestó parestesias en el territorio del nervio mediano tras la reincorporación laboral, por lo que se le realizó la liberación a nivel del túnel carpiano y se retiró la placa a los 12 meses de la cirugía, con mejoría sintomática. No se registró ningún caso de infección, ni de irritación tendinosa.

## Discusión

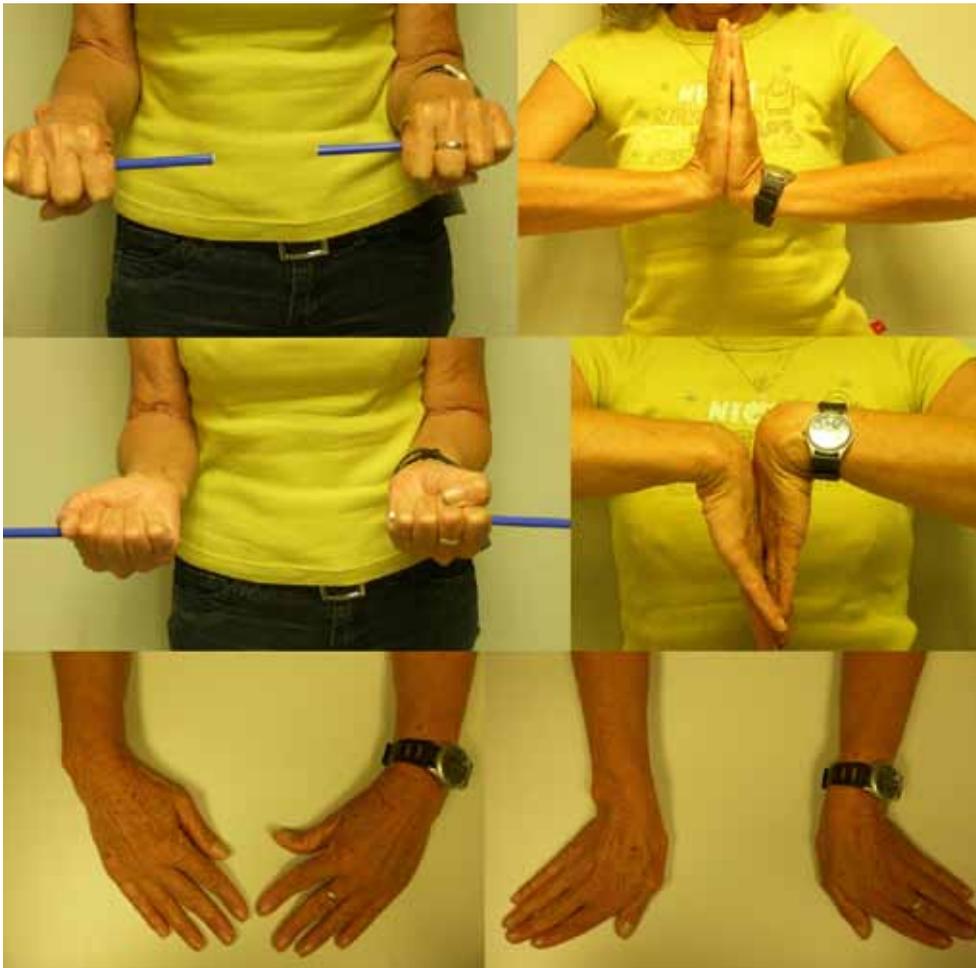
Existe una distribución bimodal con respecto a las fracturas de radio distal: el primer grupo corresponde a adultos mayores con pobre calidad ósea y lesiones provocadas por accidentes de bajo impacto; el segundo grupo, a adultos jóvenes con fracturas secundarias a traumas de alta energía. Este último presenta fracturas complejas, en general, con compromiso metafiso-diafisario de difícil tratamiento, acompañado de fracturas en otra región corporal que implican mayor tiempo de recuperación.<sup>3</sup> Los pacientes de esta serie pertenecen al segundo grupo. Se incluyeron seis casos consecutivos de fracturas extrarticulares o articulares parciales de radio distal, con extensión metafisaria, tratadas con técnica percutánea mínimamente invasiva, utilizando principios de reducción indirecta y estabilización con placa bloqueada premoldeada en T para radio distal, colocada puenteando la fractura; se obtuvieron buenos resultados. Las principales limitaciones encontradas en este trabajo son el diseño retrospectivo, la falta de un grupo control y el número limitado de pacientes; a pesar de esto, los resultados obtenidos con esta técnica son prometedores y consideramos que debe ser

**Tabla 2.** Valores radiográficos en el posoperatorio inmediato y a los 12 meses de la cirugía

	Posoperatorio inmediato	12 meses	p
Altura radial (mm)	14 ± 2	13 ± 1,6	≥0,05
Inclinación radial (°)	23 ± 2	23 ± 2,5	≥0,05
Inclinación volar (°)	11 ± 2	10,5 ± 1,9	≥0,05



▲ **Figura 3.** A. Radiografías anteroposterior y lateral. Fractura de tipo 23A3. B. Reducción y osteosíntesis con una placa en T bloqueada de 4 x 6 orificios y consolidación a los dos meses. C. Radiografías funcionales a los cinco años de la cirugía.



▲ **Figura 4.** Resultados funcionales de la misma paciente a los cinco años de la cirugía.

**Tabla 3.** Resultados funcionales objetivos y subjetivos correspondientes al último control

Fuerza de prensión, porcentaje del miembro no afectado	86%	p ≥0,05
Flexión (°)	75 ± 10	p ≥0,05
Extensión (°)	70 ± 20	p ≥0,05
Desviación radial (°)	25 ± 11	p ≥0,05
Desviación cubital (°)	25 ± 10	p ≥0,05
Supinación (°)	77 ± 10	p ≤0,05
Pronación (°)	78 ± 9	p ≤0,05
DASH	19,82 (1,6-55,83)	
Escala analógica visual	1,5 (0-5)	

considerada para este subgrupo de fracturas de radio distal con extensión metafisaria.

Las técnicas mínimamente invasivas con placas percutáneas fueron popularizadas por Krettek;<sup>7,8</sup> en sus trabajos, describe la osteosíntesis con placas convencionales deslizadas por túneles submusculares utilizando abordajes limitados; en la misma época, demostró, en estudios cadavéricos, mayor preservación del aporte vascular perióístico en comparación con las técnicas de reducción convencional.<sup>21</sup> Las placas bloqueadas de ángulo fijo fueron otro avance que contribuyó al concepto de osteosíntesis biológica, al reducir el área de contacto con la superficie ósea, evitan la impronta de la placa a nivel perióístico y disminuyen el daño vascular. No es necesario el moldeo de la placa, ni la compresión del implante al hueso, ya que la fuerza se realiza a nivel de la conexión entre el tornillo roscado y la placa. Inicialmente, esta técnica estaba destinada a lesiones de huesos largos del miembro inferior con patrones fracturarios combinados, compromiso periarticular o metafisario con extensión diafisaria, pobre calidad ósea y gran lesión de partes blandas. En los últimos años, el uso de este abordaje se extendió a fracturas del miembro superior.

No existe evidencia (Nivel I) sobre el mejor tratamiento para las fracturas de radio distal.<sup>3</sup> A pesar de los buenos resultados logrados con la técnica de reducción abierta y fijación interna convencional, esta implica exposición amplia y daño importante del aporte vascular, lo que genera mayor cicatriz y rigidez relacionada.<sup>22</sup> La irrigación del radio distal depende de dos arcos arteriales provenientes de la arteria interósea anterior, los vasos del arco distal están próximos a la línea articular distal y el proximal a nivel del músculo pronador cuadrado, estos vasos nutricios se encuentran comprometidos al desinsertar este músculo en el abordaje convencional.<sup>22</sup> Deslizado, en forma percutánea, el implante se conservarían estos pe-

dículos vasculares musculares y la irrigación perióística. En estudios experimentales y clínicos aplicando abordajes mínimamente invasivos, se ha demostrado una menor tasa de infección ósea, la reducción de la necrosis ósea y del riesgo de nueva fractura.<sup>9</sup> En la serie que evaluamos, ningún paciente sufrió infección, ni otra fractura. Al conservar el músculo pronador, se reduce la posibilidad de irritación de los tendones flexores por parte de la placa, y contribuiría a disminuir el dolor y la rigidez posquirúrgicos. Aunque el número de casos de este estudio es pequeño como para establecer esta relación, en los pacientes evaluados no se observaron complicaciones tendinosas y la percepción del dolor fue mínima, 1,5 puntos promedio en la escala analógica visual en el último control.

Existen pocos reportes de fracturas de radio distal en los que se aplica esta técnica. Sen y cols.<sup>15</sup> describen el procedimiento en un caso y recomiendan su indicación en fracturas de tipos 23A2, A3, B1 y B2; estos autores concluyen en que el mayor problema es lograr una reducción adecuada a través de una incisión pequeña. Imatani y cols.<sup>5</sup> presentan cinco casos con resultados funcionales similares a los obtenidos en esta muestra. Zenke y cols.<sup>16</sup> comparan la osteosíntesis convencional con la osteosíntesis con placa mínimamente invasiva (MIPO) en fracturas de radio distal extrarticulares e intrarticulares tratadas con placas de compresión bloqueadas volares, y obtuvieron resultados funcionales y radiológicos sin diferencia significativa entre ambos grupos; con respecto a las complicaciones, en el grupo de osteosíntesis convencional, hubo un caso de rotura tendinosa, uno de irritación del nervio mediano y uno de aflojamiento del material; en el otro grupo, se registró solo un caso de protrusión de un tornillo a nivel articular. Al comparar los resultados logrados con series tratadas con técnica convencional,<sup>23,24</sup> no se obtuvieron diferencias en los resultados radiográficos; sin embargo, el tiempo registrado de consolidación fue de 3 a 4 meses, mayor que en esta muestra, con un tiempo promedio de dos meses.

## Conclusiones

Los procedimientos mínimamente invasivos son considerados el tratamiento ideal para pacientes con importante lesión de partes blandas como consecuencia de accidentes de alto impacto, ya que reducen la lesión quirúrgica y la incidencia de complicaciones. Las incisiones pequeñas alejadas del sitio de la fractura respetan los tejidos blandos lesionados, preservan la biología ósea, contribuyen a lograr la consolidación y a reducir la tasa de complicaciones (infección, nueva fractura). Las placas de compresión bloqueadas volares de ángulo fijo utilizadas en forma percutánea permiten obtener una reducción estable en este subgrupo de fracturas, restituyen la anatomía radial, mantienen la reducción en el tiempo con cambios radiográficos mínimos. Sin embargo, son procedimientos técnicamente demandantes, el problema más común cuando se emplea este método es la mala alineación ósea por no

poder visualizar, en forma directa, el trazo fracturario. La restauración de la longitud correcta, la rotación y la alineación angular del hueso se deben lograr a través de mé-

todos y técnicas de reducción indirecta. El cirujano debe estar preparado para realizar este tipo de procedimiento, con control radioscópico continuo.<sup>8,9</sup>

## Bibliografía

1. Allende C, Catá E, Catá JP, Fattor E, Lugones A. Fracturas inestables extra articulares del radio distal. Clavijas percutáneas de Kirschner (Kapandji) o placas bloqueadas volares. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2011;76:5-13.
2. Matschke S, Marent-Huber M, Audigé L, Wentzensen A. LCP Study Group. The surgical treatment of unstable distal radius fractures by angle stable implants: a multicenter prospective study. *J Orthop Trauma* 2011;25(5):312-7.
3. Chen N, Jupiter J. Management of distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:2051-62.
4. Heim U, Pfeiffer KM. *Internal fixation of small fractures*, 3<sup>rd</sup> ed. Berlin: Springer, Verlag; 1987.
5. Imatani J, Noda T, Morito Y, Sato T, Hashizume H, Inoue H. Minimally invasive plate osteosynthesis for comminuted fractures of the metaphysis of the radius. *J Hand Surg Br* 2005;30(2):220-5.
6. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Tscherne H. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. *Injury* 1997;28(Suppl 1):S-A20-S-A30.
7. Krettek C, Müller M, Miclau T. Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury* 2001;32(Suppl 3):SC14-SC23.
8. Collinge CA, Sanders RW. Percutaneous plating in the lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg* 2000;8(4):211-6.
9. Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures: The scientific basis of biological internal fixation. Choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:1093-1110.
10. Ji F, Tong D, Tang H, Cai X, Zhang Q, Li J, et al. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) technique applied in the treatment of humeral shaft distal fractures through a lateral approach. *Int Orthop* 2009;33:543-7.
11. Rancan M, Dietrich M, Lamdark T, Can U, Platz A. Minimal invasive long PHILOS®-plate osteosynthesis in metadiaphyseal fractures of the proximal humerus. *Injury* 2010;41(12):1277-83.
12. Apivatthakakul T, Patiyasikan S, Luevitonvechkit S. Danger zone for locking screw placement in minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study. *Injury* 2010;41:169-72.
13. Tan JC, Kagda FH, Murphy D, Thambiah JS, Khong KS. Minimally invasive helical plating for shaft of humerus fractures: technique and outcome. *Open Orthop J* 2012;6:184-8.
14. Shin SJ, Sohn HS, Do NH. Minimally invasive plate osteosynthesis of humeral shaft fractures: a technique to aid fracture reduction and minimize complications. *J Orthop Trauma* 2012;26(10):585-9.
15. Sen MK, Strauss N, Harvey EJ. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal radius fractures using a pronator sparing approach. *Tech Hand UpExtrem Surg* 2008;12(1):2-6.
16. Zenke Y, Sakai A, Oshige T, Moritani S, Fuse Y, Maehara T, et al. Clinical results of volar locking plate for distal radius fractures: conventional versus minimally invasive plate osteosynthesis. *J Orthop Trauma* 2011;25(7):425-31.
17. Allende C, Marangoni L, Gastaudo M, Pioli I, Gastaudo M, Paganini F. Placas volares de ángulo fijo en pacientes adultos con fracturas inestables del radio distal. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2007;72:110-7.
18. Marsh JL, Slongo TF, Agel J, Broderick JS, Creevey W, DeCoster TA, et al. Fracture and dislocation classification compendium 2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee. *J Orthop Trauma* 2007;21(10 Suppl):S1-133.
19. Kennedy CA, Beaton DE, Solway S, McConnell S, Bombardier C. *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH). The DASH and QuickDASH Outcome Measure User's Manual*, 3<sup>rd</sup> ed Toronto, Ontario: Institute for Work & Health; 2011.
20. Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, Wright V, Branco JA, Anderson JA. Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis* 1978;37:378-81.
21. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis: Does percutaneous plating disrupt femoral blood supply less than the traditional technique? *J Orthop Trauma* 1999;13:401-6.
22. Keast-Butler O, Schemitsch EH. Biology versus mechanics in the treatment of distal radial fractures. *J Orthop Trauma* 2008;22(8 Suppl):S91-5.
23. Rampoldi M, Palombi D, Tagliente D. Distal radius fractures with diaphyseal involvement: fixation with fixed angle volar plate. *J Orthop Traumatol* 2011;12(3):137-43.
24. Lee SK, Seo DW, Kim KJ, Yang S, Choy WS. Volar long locking compression plate fixation for distal radius fractures with metaphyseal and diaphyseal extension. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2013;23(4):407-15.