

Técnica mínimamente invasiva por vía posterior para el tratamiento de fracturas diafisarias de húmero

GERARDO GALLUCCI, ANDREA VUJOVICH, JORGE BORETTO, VERÓNICA ALFIE,
AGUSTÍN DONNDORFF y PABLO DE CARLI

Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Italiano de Buenos Aires

RESUMEN

Objetivo: Comunicar la técnica mínimamente invasiva por vía posterior para la osteosíntesis de las fracturas diafisarias de húmero y evaluar los resultados clínicos y radiológicos de una serie de pacientes.

Materiales y métodos: Se evaluaron 11 pacientes (9 hombres y 2 mujeres; edad promedio, 33 años). Diez fracturas eran cerradas y una era expuesta. Se describe prolijamente la técnica quirúrgica. El seguimiento promedio fue de 22 meses.

Resultados: La flexo-extensión del codo fue de 140°-0°. La movilidad del hombro fue de 170° de elevación, 70° de rotación externa y rotación interna de D9. El dolor según la escala analógica visual: 0 puntos, DASH: 6; puntaje de la Clínica Mayo: 96, test de la UCLA: 33 puntos. Todas las fracturas consolidaron. Se observó una alineación normal de la diáfisis humeral en 3 de los pacientes, 7 tenían alguna deformidad en varo y uno en valgo. Un paciente desarrolló una parálisis radial posoperatoria y otro necesitó la extracción del implante por una infección.

Conclusiones: La técnica mínimamente invasiva posterior es una buena opción para el tratamiento de fracturas diafisarias de húmero. Es particularmente útil cuando la línea de fractura está cerca de la fosa olecraneana, debido a que, en estos casos, la técnica mínimamente invasiva por vía anterior es difícil de realizar. Los buenos resultados son similares a los reportados con las vías anterior y lateral.

PALABRAS CLAVE: Técnica mínimamente invasiva.

Recibido el 14-4-2013. Aceptado luego de la evaluación el 13-5-2013.

Correspondencia:

Dr. GERARDO GALLUCCI

gerardo.gallucci@hospitalitaliano.org.ar

**Fractura de húmero. Diáfisis humeral. Nervio radial.
Nivel de Evidencia: IV**

**MINIMALLY INVASIVE PLATE OSTEOSYNTHESIS THROUGH
A POSTERIOR APPROACH FOR HUMERAL SHAFT FRACTURES**

ABSTRACT

Background: To report the MIPO technique through a posterior approach for the treatment of humeral shaft fractures, and to evaluate the clinical and radiographic outcomes of a series of patients treated with this procedure.

Methods: Eleven patients were evaluated (9 men and 2 women; mean age, 33 years old). Ten fractures were closed and one open. The surgical technique is described in detail. The follow-up was 22 months.

Results: Elbow flexo-extension was 140°-0°. Shoulder motion was: 170° of elevation, 70° of external rotation and internal rotation of D9. Pain (VAS): 0, MEPS: 96 points, UCLA test: 33 points. All fractures healed. Normal alignment of the shaft fracture was evidenced in 3 patients, a varus angulation was observed in 7 and a valgus angulation in one patient. Radial postoperative palsy was noted in one patient and another required implant removal due to an hematogenous infection.

Conclusions: This technique represents a reliable therapeutic option for any middle and distal shaft fractures. It is particularly useful in fractures of the distal diaphysis when the line of fracture is near the olecranon fossa since, in these cases, the MIPO through an anterior approach is not feasible. Good results are similar to those reported in the MIPO technique through the anterior or lateral approach.

KEY WORDS: MIPO. Humeral fractures.
Shaft fractures. Radial nerve.
Level of Evidence: IV

Introducción

Las fracturas diafisarias de húmero son lesiones comunes y representan el 3%-5% de todas las fracturas.¹ En casos seleccionados, el tratamiento ortopédico^{2,3} es una buena alternativa terapéutica, con un alto índice de buenos resultados. Sin embargo, el tratamiento quirúrgico permite un retorno más rápido a las actividades. Dentro de esta alternativa, la osteosíntesis con placas y tornillos, y el enclavado endomedular son los procedimientos más utilizados.^{4,5} Si bien los resultados con estos métodos son buenos, pueden sobrevenir ciertas complicaciones, como pseudoartrosis, infecciones, dolores en hombro y codo, y nuevas fracturas después de extraer el implante.^{6,7}

Las técnicas mínimamente invasivas (TMI) han sido desarrolladas para intentar una fijación biológica, y disminuir las complicaciones de una reducción abierta. Los abordajes son pequeños y alejados del foco de fractura. Tienen la ventaja teórica de mejorar los grados de consolidación, una tasa de infección más baja, menor necesidad de injerto óseo y evitan las complicaciones relacionadas con el sitio de ingreso de los clavos endomedulares.^{8,9}

Las TMI se han aplicado en la extremidad inferior¹⁰ y, en los últimos años, las indicaciones se han extendido al tratamiento de las fracturas de húmero. En el miembro superior, la TMI está descrita mediante las vías anterior¹¹⁻¹⁴ y lateral.¹⁵

El objetivo de este trabajo es comunicar la TMI por vía posterior para la osteosíntesis de las fracturas diafisarias de húmero, y también informar los resultados clínicos y radiológicos de una serie de pacientes tratados con esta técnica quirúrgica.

Materiales y métodos

Desde julio de 2007 hasta febrero de 2013, en nuestro Servicio, se trató quirúrgicamente a 15 pacientes con fracturas diafisarias de húmero utilizando la TMI por vía posterior. Para este estudio se incluyeron pacientes con un seguimiento superior a 6 meses. Ninguno fue perdido en el seguimiento. Se evaluó a 11 pacientes, 9 de sexo masculino y 2 de sexo femenino, con una edad promedio en el momento de la fractura de 33 años (rango de 19 a 73 años). En 8 casos, el brazo afectado era el derecho y, en 3, el izquierdo. En 8 de los 11 casos, el miembro afectado era el dominante.

Todos los pacientes fueron estudiados antes de la cirugía con radiografías del brazo, de frente y perfil. Según la clasificación AO, 5 pacientes tenían fracturas de tipo 12B3; 3, de tipo 12B1; 1, de tipo 12A2; 1, de tipo 12A3 y 1, de tipo 12C3.

El mecanismo de lesión fue por caída desde la propia altura (5 casos) y por diversos accidentes: automovilístico (3 casos), moto (2 casos) y bicicleta (1 caso). Diez fracturas eran cerradas y una era expuesta (grado 2 de Gustilo).

Las indicaciones quirúrgicas fueron: fracturas diafisarias simples o conminutas que, debido a su proximidad a la fosa olecraneana, no pudieron ser tratadas con clavos endomedulares retró-

grados (9 pacientes); una fractura transversa mediodiafisaria con un canal endomedular inferior al diámetro menor de un clavo (1 paciente) y una fractura periprotésica distal a una placa LCP de 4,5 mm en un paciente con una artrodesis de hombro previa.

Tres pacientes sufrieron lesiones asociadas: una fractura de húmero contralateral, una fractura expuesta de tibia y una fractura de acetábulo. Todas estas lesiones se resolvieron junto con la fractura de húmero. El paciente con la fractura expuesta de húmero fue tratado inicialmente con un tutor externo.

El tiempo de evolución promedio desde el traumatismo hasta la cirugía fue de 4 días (rango de 1 a 10 días) (Tabla 1).

Técnica quirúrgica

El paciente se coloca en decúbito ventral con anestesia regional más general. El brazo se ubica a 90° de abducción, apoyado sobre una tabla radiolúcida y con el codo flexionado a 90°.

El abordaje proximal, de alrededor de 5 cm de longitud, se realiza en la cara posterior de tercio proximal del húmero, a 10 cm del ángulo posterolateral del acromion (Fig. 1). Se practica una disección por planos entre la porción larga del tríceps y el borde posterior del deltoides. Se ingresa en el intervalo entre la porción larga y lateral del tríceps hasta identificar el nervio radial en la cara posterior del húmero, que debe ser cuidadosamente reparado (Fig. 2). Se practica un legrado del periostio hacia proximal y distal del nervio hasta crear un espacio por donde se deslizará la placa.

El abordaje distal se efectúa a nivel de la cara posterior de la paleta humeral, lateral a la fosa olecraneana, de una longitud similar al proximal. Se abre la aponeurosis del tríceps, y se legra el periostio hasta exponer el hueso.

Luego se moldea una placa LCP (*Locking Compression Plate, Synthes™, Oberdorf, Suiza*) de 4,5 mm, de manera levemente helicoidal, para que se adapte a la cara posterior y distal del húmero, de tal forma que quede ubicada en la columna lateral, entre la fosa olecraneana y el borde lateral del hueso (Fig. 3). El largo depende del tipo de fractura, pero en general, se considera que debe ser de 1 o 2 orificios más que la que se debería colocar en una cirugía abierta formal.

A continuación, se realiza la reducción manual de la fractura, manteniendo la tracción para evitar el acortamiento del hueso. La placa se introduce de distal a proximal y se debe tener sumo cuidado para que quede ubicada por debajo del nervio radial.



Figura 1. Abordajes proximal y distal.

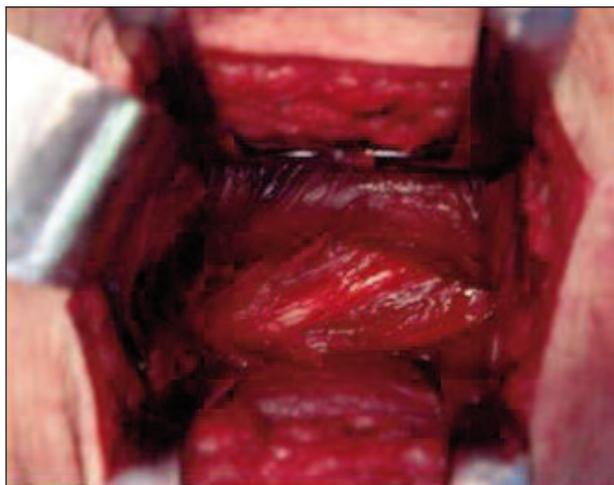


Figura 2. Identificación del nervio radial en el abordaje proximal.

A nivel distal, la placa se coloca lateral a la fosa olecraneana (Fig. 4). A medida que el trazo de fractura se acerca a la fosa olecraneana, la ubicación del implante debe ser más distal, para lograr colocar 3 tornillos a nivel de la paleta humeral. La ubicación de la placa puede llegar hasta el borde posterior del cóndilo humeral.

Cuando el largo del húmero está aproximadamente restaurado, y la placa está en una correcta posición, se la fija a los fragmentos proximal y distal. Se coloca primero un tornillo de 4,5

mm bloqueado en el extremo distal de la placa, luego, se coloca un tornillo de 4,5 mm de cortical en el extremo proximal de esta para su adaptación a la cortical posterior. Si la placa está adosada sobre el hueso, no es necesario un tornillo cortical y se coloca uno bloqueado. Se comprueba con un intensificador de imágenes la alineación en una proyección de frente y de perfil. Se verifica la rotación de la fractura mediante maniobras de rotación interna y externa del brazo, comparándola con la del lado contralateral, que debe ser evaluada antes de la cirugía. Después se terminan de colocar los 2 tornillos proximales y los 2 distales bloqueados. En las fracturas de tipo B de la clasificación AO, el tercer fragmento fracturario no se fija.

Se comprueba nuevamente con radiografías que ningún tornillo distal esté ingresando en la fosa olecraneana. Se realiza una prolija hemostasia y se cierra por planos (Fig. 5).

Para la inmovilización posoperatoria se emplea un cabestrillo. A las 48 horas de la cirugía, se permite la movilización con ejercicios de flexo-extensión del codo. Una semana después, se inician los ejercicios pendulares para el hombro. Se evitan los movimientos de rotación durante el primer mes.

Todos los pacientes fueron citados para una evaluación clínica y radiológica. La evaluación clínica objetiva consistió en medir la movilidad del codo y del hombro con goniómetro.

La evaluación clínica subjetiva incluyó la medición del dolor usando la escala analógica visual (EAV) con un rango de 0 a 10, y el DASH (*Disabilities of the Arm Shoulder and Hand*) con el propósito de determinar las dificultades para las actividades de la vida cotidiana, donde 0 es el mejor resultado posible y 100, el peor.

Tabla 1. Datos demográficos

Paciente	Edad	Sexo	Lado afectado	Lado dominante	AO	Lesiones asociadas	Traumatismo cirugía (días)*	Causa	Seguim. (meses)
1	28	M	D	Sí	12B1	No	4	Caída	18
2	27	F	I	No	12B3	No	6	Caída	21
3	37	M	D	Sí	12B1	No	4	Caída	48
4	23	M	D	Sí	12B3	No	1	Accidente con moto	13
5	42	M	D	Sí	12B1	Fractura de húmero contralateral	3	Accidente automovilístico	50
6	43	M	I	No	12B3	Fractura de acetábulo	5	Accidente con moto	23
7	19	M	I	No	12A3	No	5	Caída	14
8	23	M	D	Sí	12B3	No	10	Caída	26
9	23	M	D	Sí	12A2	No	3	Accidente automovilístico	13
10	24	M	D	Sí	12C3**	Fractura expuesta de tibia	3	Accidente con bicicleta	8
11	73	F	D	Sí	12B3	No	5	Accidente automovilístico	6

* Tiempo entre el traumatismo y la cirugía, **Fractura expuesta. D = derecho, I = izquierdo.



Figura 3. Moldeado de la placa.

La función aislada del hombro se midió con la escala de UCLA que evalúa dolor, movilidad, función y satisfacción del paciente, con un puntaje total de 35 puntos; el resultado es excelente entre 34 y 35 puntos, bueno entre 29 y 33, regular entre 21 y 28, y malo menos de 20 puntos. La función del codo se midió con el puntaje de la Clínica Mayo que evalúa el dolor, la movilidad, la estabilidad y la función, con un puntaje total de 100. El resultado es excelente si el puntaje es entre 90 y 100, bueno entre 75 y 89, regular entre 74 y 60, y malo menos de 60 puntos.

La evaluación radiológica incluyó radiografías de frente y perfil del brazo para determinar la consolidación y la alineación en varo-valgo de la diáfisis humeral.

Se registraron las complicaciones inmediatas y alejadas a través de las historias clínicas y los procedimientos necesarios para su tratamiento. El seguimiento promedio fue de 22 meses (rango de 6 a 50).

Resultados

La movilidad promedio del codo fue de 140° de flexión (rango de 135° a 145°) y 0° de extensión (rango de 0° a 2°). El arco total de movilidad promedio en flexión-extensión fue de 135° (rango de 125° a 145°) (Tabla 2).

La movilidad promedio del hombro, evaluada en todos los pacientes, salvo el paciente con la artrodesis de hombro previa (caso 9), fue de 170° de elevación (rango de 150° a 180°), 70° de rotación externa (rango de 45° a 90°) y la rotación interna fue de D9 (rango de D6 a L1) (Fig. 6).

El dolor según la EAV fue, en promedio, de 0 puntos (rango de 0 a 2). El DASH promedio (evaluado en todos los pacientes, salvo el caso 9) fue de 6 puntos (rango de 0 a 21). El puntaje promedio de la Clínica Mayo fue de 96 (rango de 90 a 100), todos correspondieron a resultados excelentes. El test de la UCLA (paciente 9 no evaluado) arrojó un promedio de 33 puntos, 7 resultados fueron excelentes y 3, buenos.

Todas las fracturas consolidaron. Se detectó una alineación normal de la diáfisis humeral en 3 pacientes, mientras que, en 7 pacientes, se observó alguna deformidad en varo y una deformidad en valgo en un caso. Estas consolidaciones viciosas no tuvieron repercusión funcional.

Hubo tres complicaciones. El paciente 2 desarrolló una parálisis radial posoperatoria que se recuperó a las 6 semanas de la cirugía. A los 10 meses de la operación, fue necesario extraer el implante a causa del dolor. Otro



Figura 4. Apertura de la aponeurosis del tríceps y colocación de la placa de distal a proximal.



Figura 5. Cierre de las incisiones.

paciente (caso 6) presentó dolor a nivel del codo en la zona del implante, con limitación de 20° de extensión, en el último control, pero no quiso someterse a otro procedimiento quirúrgico. El paciente 9 tuvo una infección

hematógena a los 6 meses de la cirugía, a partir de una extracción dentaria. La fractura estaba consolidada; por lo tanto, se extrajo el implante y se administró un tratamiento antibiótico por vía oral.

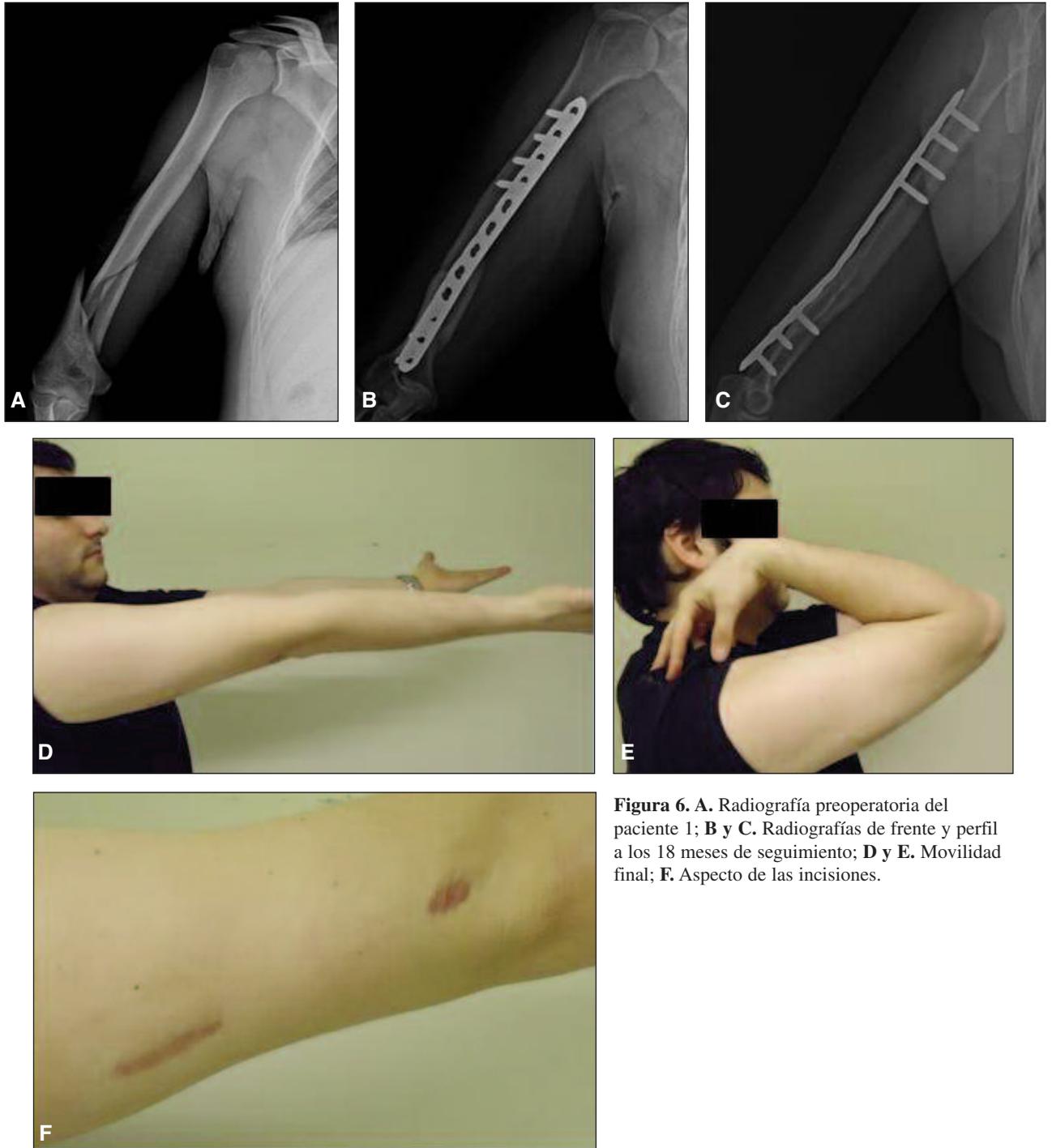


Figura 6. A. Radiografía preoperatoria del paciente 1; B y C. Radiografías de frente y perfil a los 18 meses de seguimiento; D y E. Movilidad final; F. Aspecto de las incisiones.

Tabla 2. Tabla de resultados

Pac	Movilidad del hombro (grados)			Movilidad del codo (grados)		EAV	DASH	UCLA	CM	Angulación varo-valgo (grados)	Complicaciones
	E	RE	RI	F	Ex						
1	170	70	D6	145	0	0	0	35	100	0°	No
2	175	65	D8	140	10	0	1	35	100	0°	Parálisis radial
3	170	60	D7	140	0	0	2	35	100	7° (var)	No
4	180	75	D9	140	10	0	0	35	100	11° (var)	No
5	170	70	D11	145	0	0	0	35	100	3° (var)	No
6	170	85	D8	140	20	2	16	31	90	0°	Molestia del implante
7	175	80	D10	140	0	0	9	35	100	2° (var)	No
8	175	90	D10	145	0	0	0	35	100	4° (var)	No
9	---	---	---	135	0	0	---	---	90	5° (val)	Infección y extracción del implante
10	150	45	D12	140	10	2	21	32	90	10° (var)	No
11	160	45	L1	135	10	1	15	29	90	3° (var) 6	No

E = elevación; RE = rotación externa; RI = rotación interna; F = flexión; Ex = extensión; CM = puntaje de la Clínica Mayo

Discusión

Hemos obtenido buenos resultados con el empleo de la TMI para fracturas diafisarias de húmero, y hemos logrado la consolidación en todos los pacientes.

El tratamiento óptimo para este tipo de fracturas no está claramente definido.^{2,3,8,9,16-23} Algunos autores comunican similares resultados entre la TMI y la cirugía convencional con placas y tornillos.²⁴

La osteosíntesis abierta con placas de compresión está considerada entre los mejores métodos de tratamiento. Sin embargo, uno de sus mayores problemas es la gran exposición de partes blandas y la alteración de la circulación periosteal, que lleva a una tasa de pseudoartrosis superior al 5,8%.²⁵

La lesión del nervio radial es otra de las complicaciones del abordaje abierto. Aunque una meticulosa protección del nervio es necesaria, se ha publicado una tasa de lesión posoperatoria que oscila entre el 5,1% y el 17%.²⁵ Es factible reducir al mínimo estos dos problemas con una TMI.

Para algunos autores,²⁶ cuando se coloca el implante por vía anterior, no es necesaria la identificación del nervio radial. En estudios cadavéricos, se ha demostrado que, si el antebrazo está en supinación, la menor distancia entre la placa y el nervio es, en promedio, 3,2 mm.²⁶ Por lo tanto, si bien la TMI podría ser más segura para

evitar lesiones del nervio, consideramos que esta distancia siempre es pequeña, por lo que debemos tomar las medidas adecuadas para evitar su lesión.

An y cols.²⁷ encontraron menores índices de parálisis radial al comparar la cirugía abierta (5 parálisis en 16 pacientes) con la TMI (ninguna parálisis en 17 pacientes).

En la TMI posterior, es fundamental identificar el nervio radial. Se debe ser cuidadoso al manejarlo, sobre todo en el momento del pasaje del implante entre el nervio y la cortical posterior del húmero.

La TMI por vía anterior es la técnica más utilizada y existen varios reportes que demuestran buenos resultados con ella para tratar fracturas diafisarias de húmero. Zhiquan y cols.¹³ comunicaron los resultados en 13 pacientes con fracturas de tercio medio y tercio distal, lograron la consolidación en todos los casos y excelentes resultados funcionales. Kobayashi y cols.¹⁴ reportaron el tratamiento de 18 pacientes, con consolidación en todos los casos.

Recientemente, Sang-Shin y cols.²⁸ describieron los resultados de 21 pacientes con fracturas diafisarias de húmero tratados con TMI por vía anterior; 20 fracturas consolidaron y, en 2 casos, fue necesaria la reconversión a cirugía abierta. Describen minuciosamente la técnica quirúrgica y la presentan como una buena alternativa de tratamiento.

En nuestra serie, al igual que en la mayor parte de la literatura, las fracturas consolidaron con un bajo índice de complicaciones. Sin embargo, un paciente desarrolló una neuropraxia del radial que se recuperó espontáneamente a las 6 semanas de la cirugía.

Las fracturas diafisarias asociadas a parálisis radial pueden ser tratadas con TMI, con buenos resultados. An y cols.²⁹ publicaron los resultados de 10 pacientes con fracturas diafisarias y parálisis radial que fueron sometidos a una exploración del nervio a través de un abordaje

lateral pequeño. Nueve de ellos tuvieron una recuperación neurológica completa.

En nuestra serie, solo un paciente había sufrido una fractura expuesta. Concha y cols.³⁰ describieron los resultados de 35 pacientes con fracturas diafisarias tratadas con TMI, 15 de ellos tenían fracturas expuestas. La consolidación se obtuvo en el 91% de los casos.

El índice de extracción del implante fue similar al comunicado por otros autores.¹³ En uno de los casos, el implante se retiró por infección y no por una causa rela-

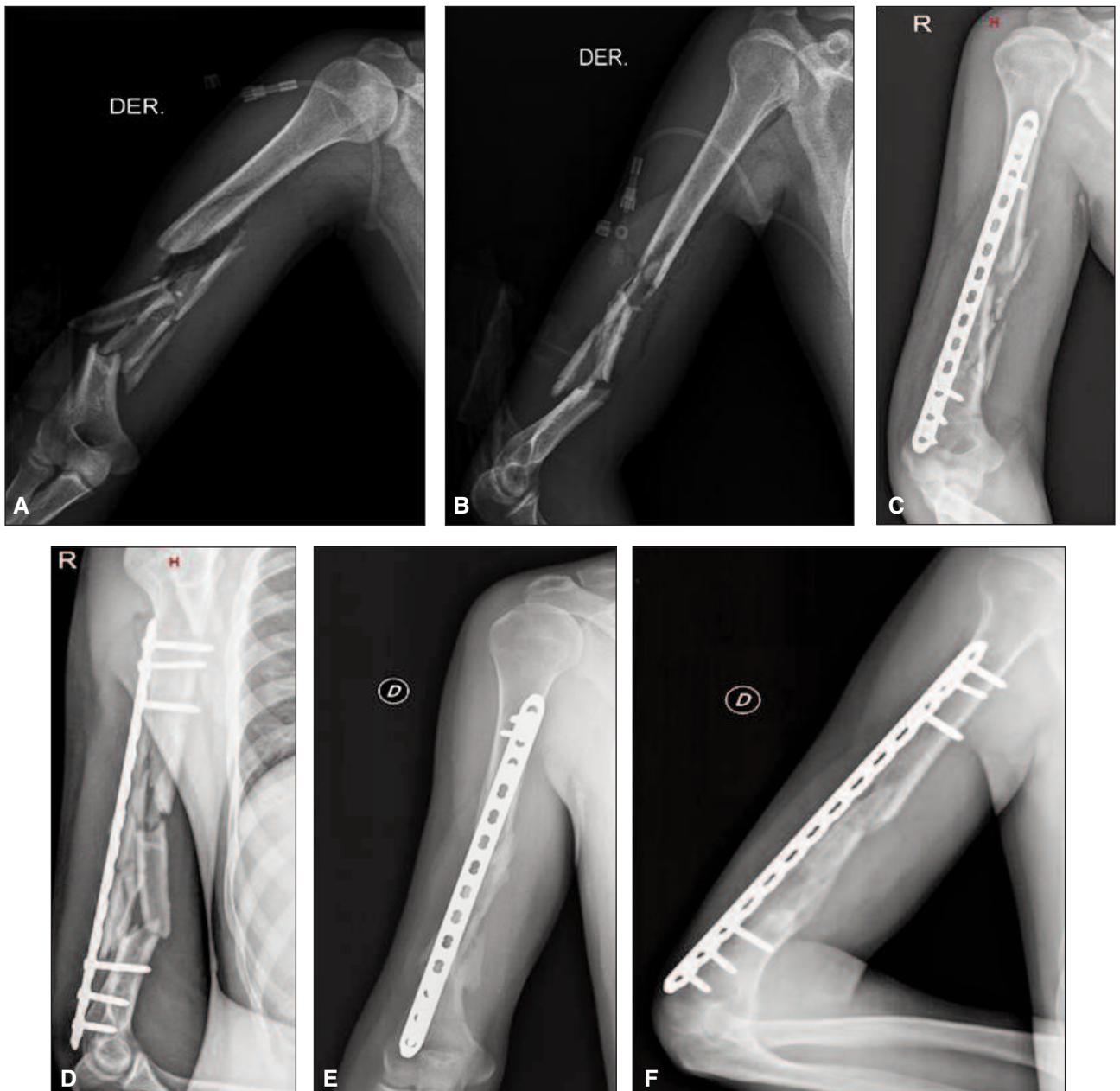


Figura 7. A y B. Radiografías preoperatorias de frente y perfil del paciente 10, con fractura expuesta 12C3; C y D. Radiografías posoperatorias inmediatas; E y F. Radiografías a los 6 meses que muestran la fractura consolidada con 10° de angulación en varo.

cionada con la técnica. Debe considerarse que la mayoría de nuestros pacientes (9 de 11) tenían fracturas del tercio distal del húmero y algunos con trazos que llegaban casi hasta la fosa olecraneana. Por dicho motivo, algunos implantes debieron ser colocados casi sobre el borde del cóndilo para poder insertar 3 tornillos bloqueados en la paleta humeral. Dicha ubicación podría causar molestias locales, lo que torna factible un mayor índice de extracción.

Esta posibilidad que nos brinda el abordaje posterior es una ventaja sobre la vía anterior cuando se trata de fracturas del tercio distal del húmero.

Para algunos autores cuando la distancia entre el foco de fractura y el borde superior de la fosa olecraneana es inferior a 6 cm, no es posible colocar 3 tornillos a ese nivel y, por lo tanto, la vía anterior no es factible. Recomiendan, en estos casos, la osteosíntesis abierta convencional por vía posterior o lateral.¹⁴

La TMI por vía posterior nos permite tratar este tipo de fracturas, incluso aquellas que involucren el borde superior de la fosa olecraneana, ya que el implante se fija a nivel de la paleta humeral.

La TMI posterior permite también el tratamiento de fracturas diafisarias a cualquier nivel. Si bien, en la mayoría de nuestros casos, el tipo de fractura fue de tercio distal, en 2 pacientes la fractura fue de tercio medio. En este nivel, nuestra elección de tratamiento es, en general, un enclavado retrógrado, pero uno de los pacientes tenía un canal medular sumamente angosto, por lo que no fue posible colocar un clavo retrógrado, y se colocó una placa bloqueada de 4,5 mm por TMI posterior. El otro paciente presentaba una artrodesis de hombro tratada con placa bloqueada de 4,5 mm colocada desde la espina escapular hasta el tercio medio del húmero. Debido a su traumatismo, sufrió una fractura periprotésica distal al implante. Se resolvió colocando una placa por TMI pos-

terior evitando los tornillos proximales del implante. A excepción del paciente con artrodesis de hombro (caso 9) en quien no se evaluó la función del hombro, el resto de los pacientes recuperó rangos casi completos de movilidad del hombro y el codo. En estos pacientes, la evaluación con los puntajes de UCLA y de la Clínica Mayo arrojó buenos resultados, similares a los comunicados por otros autores.¹⁴

Debido a la reducción cerrada de la fractura, lograr la alineación normal no es sencillo, pero tampoco es necesaria para un buen funcionamiento del miembro, tal como ocurre cuando se trata de manera conservadora este tipo de lesiones. En todos los casos, se obtuvo la consolidación, aunque en la mayoría, con cierta angulación en varo (7 de 11). Tal como se informa en algunos trabajos, no hubo repercusión funcional por esta angulación¹³ (Fig. 7).

Este trabajo presenta ciertas limitaciones. Se trata de una evaluación retrospectiva, las fracturas son de distinta localización, analiza un número escaso de pacientes, y el seguimiento promedio es corto. Sin embargo, se trata de una técnica no publicada antes y que, en fracturas de tercio distal cercanas a la fosa olecraneana, se presenta como una alternativa a las TMI descritas previamente.

Conclusiones

La TMI posterior es una buena opción para el tratamiento de fracturas diafisarias de húmero, sobre todo las de tercio distal. Los buenos resultados y el bajo índice de complicaciones son similares a los reportados para las vías anterior y lateral. La identificación del nervio radial es necesaria en todos los casos. Tal vez se requiera con más frecuencia la extracción del implante cuando se trata de fracturas diafisarias bajas, debido a la colocación del implante a nivel de la paleta humeral.

Bibliografía

1. **Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE.** Nonunions of the humerus. *Clin Orthop Relat Res* 2004;419:46-50.
2. **Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, et al.** Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59:596-601.
3. **Koch PP, Gross DF, Gerber C.** The results of functional (Sarmiento) bracing of humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2002;11:143-50.
4. **Chapman JR, Henley MB, Agel J, Benca PJ.** Randomized prospective study of humeral shaft fracture fixation: intramedullary nails versus plates. *J Orthop Trauma* 2000;14:162-6.
5. **McCormack RG, Brien D, Buckley RE, McKee MD, Powell J, Schemitsch EH.** Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail. A prospective, randomised trial. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:336-9.
6. **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.

7. **Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H.** Minimally invasive plate osteosynthesis and vascularity: Preliminary results of a cadaver injection study. *Injury* 1997;28:7-12.
8. **Flinkkilä T, Hyvönen P, Lakovaara M, Linden T, Ristiniemi J, Hämäläinen M.** Intramedullary nailing of humeral shaft fractures. A retrospective study of 126 cases. *Acta Orthop Scand* 1999;70:133-6.
9. **Rommens PM, Blum J, Runkel M.** Retrograde nailing of humeral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1998;350:26-39.
10. **Krettek C, Gerich T, Miclau T.** A minimal invasive medial approach for proximal tibia fractures. *Injury* 2001;32:4-13.
11. **Smejkal K, Dedeček T, Zvák I, Trlica J, Lochman P.** Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the humeral diaphysis fractures. *Int Orthop* 2010;34:1297-1305.
12. **Wang ZH, Xiang M, Xie J, Tang HC, Chen H, Liu X.** Treatment of humerus shaft fractures using minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis through anterior approach. *Injury* 2010;41:169-72.
13. **Zhiquan A, Bingfang Z, Yeming W, Chi Z, Peiyan H.** Minimally invasive plating osteosynthesis (MIPO) of middle and distal third humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:628-33.
14. **Kobayashi M, Watanabe Y, Matsushita T.** Early full range of shoulder and elbow motion is possible after minimally invasive plate osteosynthesis for humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24:212-6.
15. **Ji F, Tong D, Tang H, Cai X, Zhang Q, Li J, Wang Q.** 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.
16. **Toivanen JA, Nieminen J, Laine HJ, Honkonen SE, Järvinen MJ.** Functional treatment of closed humeral shaft fractures. *Int Orthop* 2005;29:10-3.
17. **Ajmal M, O'Sullivan M, McCabe J, Curtin W.** Antegrade locked intramedullary nailing in humeral shaft fractures. *Injury* 2001;32:692-4.
18. **Vander GR, Tomasin J, Ward EF.** Open reduction and internal fixation of humeral shaft fractures. Results using AO plating techniques. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:430-3.
19. **Dabezies EJ, Banta CJ 2nd, Murphy CP, d'Ambrosia RD.** Plate fixation of the humeral shaft for acute fractures, with and without radial nerve injuries. *J Orthop Trauma* 1992;6:10-3.
20. **Levy JC, Kalandiak SP, Hutson JJ, Zych G.** An alternative method of osteosynthesis for distal humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2005;19:43-7.
21. **Livani B, Belangero WD.** Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. *Injury* 2004;35:587-95.
22. **Yang KH.** Helical plate fixation for treatment of comminuted fractures of the proximal and middle one-third of the humerus. *Injury* 2005;36:75-80.
23. **Rupenian P, Lebas G, Razza F, Herrador M, D'Assaro O.** Osteosíntesis mínimamente invasiva con placa helicoidal en fracturas diafisarias del húmero con compromiso del tercio proximal. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2005;70:252-5.
24. **Oh CW, Byun YS, Oh JK, Kim JJ, Jeon IH, Lee JH, et al.** Plating of humeral shaft fractures: comparison of standard conventional plating versus minimally invasive plating. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012;98:54-60.
25. **Paris H, Tropiano P, Clouet D'orval B, Chaudet H, Poitout DG.** Fractures of the shaft of the humerus: systematic plate fixation. Anatomic and functional results in 156 cases and a review of the literature. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2000;86:346-59.
26. **Apivatthakakul T, Patiyasikan S, Luevitoonvechkit S.** Danger zone for locking screw placement in minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study. *Int Orthop* 2010;41:169-72.
27. **An Z, Zeng B, He X, Chen Q, Hu S.** Plating osteosynthesis of mid-distal humeral shaft fractures: minimally invasive versus conventional open reduction technique. *Int Orthop* 2010;34:131-5.
28. **Shin SJ, Sohn HS, Do NH.** Minimally invasive plate osteosynthesis of humeral shaft fracture: A technique to aid fracture reduction and minimize complications. *J Orthop Trauma* 2012;26:585-90.

29. **An Z, Zeng B, He X, Huang P.** Treatment of mid-distal humeral shaft fractures associated with radial nerve palsy using minimally invasive plating osteosynthesis technique. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 2008;22:513-5.
30. **Concha JM, Sandoval A, Streubel PN.** Minimally invasive plate osteosynthesis for humeral shaft fractures: are results reproducible? *Int Orthop* 2010;34:1297-1305.