

Osteosíntesis mínimamente invasiva con placa en fracturas de radio distal tipo C.

D. MIFSUT MIEDES^{1,2}, J. ZURRIAGA CARDA¹, R. CATALÁ LLOSA¹, F. GOMAR SANCHO^{1,2}.

¹ SECCIÓN DE TRAUMATOLOGÍA. HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALENCIA. ² DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA. FACULTAD DE MEDICINA. UNIVERSIDAD DE VALENCIA.

Resumen. *Introducción.* La tendencia hacia el uso de técnicas mínimamente invasivas (MIPO) en el tratamiento de fracturas se justifica, por la reducción de la exposición de la fractura y la disección de los planos musculares, lo que facilita la recuperación precoz. *Material y Método.* Se realizó un estudio en dos fases, la primera descriptiva retrospectiva de una serie de 48 casos, y la segunda, del estudio longitudinal prospectivo de una serie de 23 casos, que se sometieron a MIPO tras una fractura intraarticular de radio distal tipo C de AO. Además de las variables: edad, sexo, lateralidad y mecanismo de lesión, se evaluaron los resultados funcionales, dolor, rango de movimiento y fuerza, a través de Mayo Wrist Score escala y el cuestionario DASH. Las fracturas se clasificaron utilizando las directrices AO, se evaluaron los resultados radiológicos y complicaciones. *Resultados.* Se realizó la descripción del abordaje quirúrgico de los 71 pacientes: 43 mujeres y 28 hombres, con una media de edad de 57 años. El lado más afectado fue el izquierdo con 51 casos. El resultado funcional fue 68,33 en el primer estudio (retrospectivo) y 85,86 en el estudio prospectivo. Observamos una pérdida de fuerza en comparación con el lado contralateral, medida con un dinamómetro, de 5,19 Kg. (retrospectivo) y 2,98 Kg. (prospectivo). Radiográficamente no hubo colapso intraarticular o pérdida de la reducción en el estudio prospectivo, y la consolidación se obtuvo en el 100% de los casos. Se observó, en el segundo estudio, un caso de síndrome de dolor regional complejo y sólo un caso requirió la retirada de material debido a la protrusión dorsal de un tornillo. *Conclusiones.* Se trata de una técnica segura que permite la reducción y estabilización de las fracturas de la extremidad distal del radio. No solo la estética, sino también, los resultados funcionales son mejores con la técnica MIPO.

Minimally invasive osteosynthesis technique with plate in distal radius fracture type C.

Summary. *Introduction.* The current trend towards the use of minimally invasive techniques (MIPO) in the treatment of fractures is justified by the reduced exposure of the fracture and dissection of the muscle planes, which facilitates early recovery. *Materials and Methods.* We performed a double study, a retrospective descriptive study of a series of 48 cases and a prospective longitudinal study of a series of 23 patients that underwent MIPO after intra-articular distal radius fracture. In addition to the variables: age, sex, side and injury mechanism, etc., functional outcomes, pain, range of motion and strength, through Mayo Wrist Score scale and DASH were assessed. Fractures were classified using the AO guidelines, radiological results and complications were assessed. *Results.* We conducted the description of surgical approach with surgical images. We analyzed a total of 71 patients, 43 women and 28 men with a mean age of 57 years. The most affected side was the left with 51 cases. According to the Mayo Wrist Score, functional outcome was 68,33 in the first study (retrospective) and 85.86 in the prospective study. A mean loss in strength, measured with a dynamometer of 5,19 Kg. (retrospective) and 2,98 Kg. (prospective), was observed when compared to the contralateral side. Radiographically no intraarticular collapse or loss reduction were observed in prospective study, and consolidation was obtained in 100% of the cases. One case of complex regional pain syndrome was observed and only one case required the removal of material because of dorsal protrusion of a screw in this study. *Conclusions.* It is a safe technique that allows the reduction and stabilization of fractures of the distal radius. Not only the aesthetic but also functional results are better with MIPO technique.

Correspondencia:
Damián Mifsut Miedes
Hospital Clínico Universitario de Valencia.
Avda. Blasco Ibáñez, 17.
46010 Valencia, España.
mifsut.dam@gmail.com

Introducción

Las fracturas de extremidad distal de radio son unas de las lesiones traumáticas más frecuentes del miembro superior; suponen el 15-20% de todas las fracturas, siendo su incidencia de 36,8/10.000 personas por año en las mujeres, y de 9,0/10.000 personas por año en los hombres mayores de treinta y cinco años. Además, son el 14% de las fracturas en pacientes mayores de 65 años con osteoporosis y la causa de fractura más frecuente de los miembros superiores¹. En las fracturas de extremidad distal de radio la opción de tratamiento sigue siendo discutida y objeto de debate. Las placas volares de ángulo variable constituyen un sistema fiable para el tratamiento de este tipo de fracturas. La reducción abierta y fijación interna pretende conseguir una reposición anatómica y una movilización precoz, evitando los desplazamientos secundarios, siendo la vía de abordaje habitual la vía volar de Henry. Pero la tendencia actual en el tratamiento de las fracturas es hacia la utilización de técnicas mínimamente invasivas (MIPO), que eviten una mayor exposición y disección de los planos musculares y que faciliten una precoz recuperación del paciente.

A nivel del radio distal, ha surgido recientemente la técnica MIPO, que permite minimizar la exposición de partes blandas y el daño sobre la vascularización ósea².

El objetivo de este estudio es evaluar los resultados del tratamiento quirúrgico de las fracturas de radio distal intraarticulares tipo C de AO, mediante técnica mínimamente invasiva con placa volar, comparando los resultados con una serie histórica utilizando un abordaje tradicional de Henry.

Material y Métodos

El trabajo constó de dos partes: En una **primera fase**, realizamos un estudio retrospectivo descriptivo sobre una serie de 48 casos intervenidos por fractura de radio distal mediante placa volar. Pacientes con un tiempo de seguimiento mínimo de un año, y que hubieran sido intervenidos mediante un abordaje clásico de Henry, utilizando como material de osteosíntesis una placa PERI-LOC de Smith & Nephew. Se recogieron las variables: edad, sexo, lado de la lesión y lado dominante, mecanismo de producción, patología previa, medicación y factores de riesgo, complicaciones y reintervenciones. Se clasificaron las fracturas mediante el sistema de clasificación³ AO/ASIF 31. Se valoraron los resultados en cuanto a dolor, estado funcional, rango de movilidad y fuerza de agarre, mediante la escala de Mayo Wrist Score⁴ (MWS).

Radiológicamente se evaluó la discrepancia radio-ulnar, la inclinación radial y volar y la congruencia de las articulaciones radiocubital distal. En una **segunda fase**, realizamos un estudio prospectivo longitudinal que incluyó a 30 pacientes con el diagnóstico de fractura de radio distal, tratados quirúrgicamente en nuestro

centro y siguiendo un mismo protocolo. Eran pacientes intervenidos por el mismo cirujano y con la misma técnica quirúrgica. Del total de 30 pacientes, 23 completaron todas las revisiones y acudieron a la visita final.

Descripción de la técnica quirúrgica.

A todos los pacientes atendidos en urgencias, se les realizó, bajo anestesia intrafocal con mepivacaina, reducción e inmovilización con férula antebraquial hasta el momento de la cirugía.

Con el paciente en decúbito supino y en mesa de mano, se procedió a revisar bajo radioescopia la reducción y estabilidad de la misma; en el caso de no poder mantener la adecuada reducción, se fijó provisionalmente con dos agujas de Kirschner de 1,6 mm introducidas desde estiloides de radio y a nivel dorsal intrafocalmente, para corregir la angulación dorsal de la carilla articular.

Se realizó un abordaje mínimamente invasivo con dos incisiones longitudinales, una más distal de 2,5 cm, y otra proximal de 0,5 cm, siguiendo el eje del tendón flexor *carpi radialis* (Fig. 1). Efectuamos la disección de la fascia superficial y profunda en el lado radial del flexor *carpi radialis*, separando el mismo hacia cubital y la arteria radial en sentido contrario, exponiendo el músculo pronador cuadrado.

Realizamos una incisión en su inserción más distal, paralela a la línea articular, desde la cual y con ayuda de periostotomo, liberamos el pronador cuadrado para poder introducir la placa (Fig. 2). En todos los casos utilizamos la placa TriLock del Sistema Adaptive de Medartis®, de ángulo variable (Fig. 3).

A continuación, bajo visión radioscópica, comprobamos la correcta colocación de la placa, fijándola provisionalmente con una aguja de Kirschner a nivel distal y corrigiendo, en caso necesario, el centrado sobre el radio de la parte proximal de la misma, antes de colocar el primer tornillo metafisario en el agujero ovalado (Fig. 4). Posteriormente colocamos cuatro tornillos epifisarios (Fig. 5), retirando las agujas Kirschner y finalizando la osteosíntesis con los dos tornillos metafisarios, a través de la misma incisión proximal (Fig. 6).

Tras la sutura, se inmovilizó mediante férula antebraquial durante 3 semanas. Aquellos pacientes que por cualquier motivo, se realizó alguna variación en la técnica, quedaron excluidos del estudio (fijación externa, combinación con agujas, ampliación de la vía de abordaje a una vía de Henry convencional, etc.).

En todos los casos se realizó tratamiento rehabilitador, con cinesiterapia activa asistida, potenciación de la musculatura extrínseca e intrínseca, tratamiento de la cicatriz y técnicas de electroterapia e hidroterapia.

Se recogieron las siguientes variables: edad, sexo, lado de la lesión y lado dominante, mecanismo de producción, patología previa, medicación y factores de riesgo.



Figura 1. Abordaje MIPO con dos incisiones longitudinales a nivel del flexor carpi radialis.



Figura 2. Liberación del músculo pronador cuadrado mediante periototomo para poder deslizar la placa sin desinsertarlo lateralmente.



Figura 3. Introducción de la placa entre el m. pronador cuadrado y el radio.

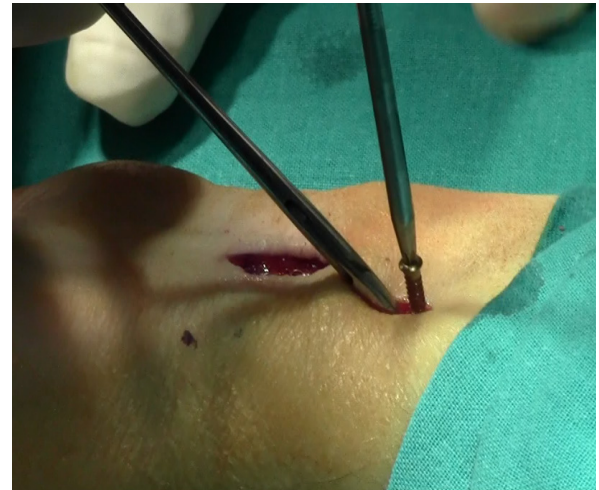


Figura 4. Colocación de primer tornillo a nivel del agujero oval, que permite centrar la placa y corregir el eje de la misma.



Figura 5. Colocación de los tornillos distales mediante visión directa a través de la incisión distal.



Figura 6. Visión por radioscopia en proyección de perfil de la osteosíntesis.

Se clasificaron las fracturas mediante el sistema de clasificación³ AO/ASIF 31.

Un observador distinto al equipo quirúrgico valoró los resultados al año de la lesión, realizando la evaluación del dolor, estado funcional, rango de movilidad y fuerza de agarre, mediante la escala de MWS⁴. Además se utilizó el cuestionario DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand)⁵, ya que está validado al castellano y su valor está corregido por edad y dominancia.

Cero puntos representan nula incapacidad y 100 la máxima incapacidad posible. En esta serie el paciente lo cumplimentó en una dependencia ajena al examinador y en algunos casos fue necesaria la colaboración de un familiar para poder llevarlo a cabo. Se pasó el cuestionario al año de la intervención. El rango de movilidad articular se midió en grados mediante goniómetro manual, y la fuerza con dinamómetro electrónico de mano CAMRY EH 101-17 (Fig. 7) (la media de tres intentos en cada mano), de forma comparativa con el miembro contralateral.

Analizamos las radiografías preoperatorias para tipificar y clasificar las fracturas, así como las radiografías postoperatorias inmediatas y al final del seguimiento, para evaluar la discrepancia radio-ulnar, la inclinación radial y volar (Fig. 8) y la congruencia de las articulaciones radiocubital distal.

Estudiamos la incidencia de complicaciones, dehiscencia de la sutura, neuropatía del nervio mediano, tenosinovitis o rotura tendinosa, pérdida de reducción y colapso de la fractura, ausencia de consolidación, malunión e infección.

El análisis estadístico se realizó mediante los análisis Chi-Cuadrado para los datos no paramétricos y la T-student para los datos paramétricos, con un nivel de significación estadística de 0,05 con el paquete estadístico SPSS (R) versión.

Resultados

1ª Fase del estudio

En la primera fase del estudio se incluyeron 48 pacientes, 17 hombres y 31 mujeres, con una media de edad de 58,25 años (rango 22-81). El lado más frecuentemente afectado fue el izquierdo, 33 casos, coincidiendo con el lado dominante 20 casos; como antecedente médico más frecuente, presentaban hipertensión arterial 14 casos. La causa más frecuente del traumatismo fue la caída casual en 37 casos, accidentes deportivos 6 casos y de tráfico 5 casos.

Según la clasificación AO para las fracturas de radio distal, la mayoría eran fracturas tipo C2 (33 casos), seguidas de las tipo C1 y C3 (Tabla I).

Funcionalmente, según la escala de valoración "Mayo Wrist Score", la puntuación media fue de 68,33 puntos, con una fuerza media en el lado de la lesión de 19,46 Kg, y de 24,65 Kg en el lado sano, por tanto, hubo una pérdida de fuerza media de 5,19 Kg.



Figura 7. Dinamómetro electrónico de mano CAMRY EH 101-17.



Figura 8. Rx simple donde podemos observar una fractura intraarticular de radio distal con conminución dorsal, tipo C2 tratada mediante placa "baby foot" y abordaje MIPO.

Tabla I. Tipo de fractura según la clasificación AO en ambos estudios.

	C1	C2	C3
Retrospectivo	8	33	7
Prospectivo	7	11	5

Con la escala EVA de dolor, la media fue de 2,44 y en lo que se refiere a la movilidad, la desviación dorsal media fue de 40,3°, y volar de 52,82°. La desviación radial de 28,88° y cubital de 30,11°. La pronosupinación fue completa en 39/48 casos.

El DASH presentó una puntuación media de 14,84%, y radiográficamente, la inclinación radial media fue de 23,63°, y volar de 2,67°.

Se observó congruencia radio-cubital distal en el 70,83% de los casos.

Como complicaciones, se registraron: un síndrome del túnel carpiano, y cuatro tenosinovitis de extensores. Se realizaron un total de 5 retiradas de material de osteosíntesis.

2ª Fase del estudio

Del total de 30 pacientes incluidos inicialmente en el estudio, 23 fueron válidos, al completar el tiempo de seguimiento de un año. Por sexos, 12 casos fueron mujeres y 11 hombres, con una media de edad de 55,6 años (rango 36-84). El lado de la lesión más frecuente fue el izquierdo en 18 casos, coincidiendo con el lado dominante el 6 casos, y el motivo o causa de la lesión predominante fue la caída casual en 21 de 23 casos. Solo en dos casos se trató de accidentes de tráfico.

En cuanto a patologías asociadas, la más frecuente fue la HTA en 7 casos, un caso de diabetes mellitus y un caso de asma crónico en tratamiento con corticoides. No se recogió ningún diagnóstico previo de osteoporosis.

Según la clasificación AO, la mayor parte de los casos fueron del tipo C (20 casos) distribuidos de la siguiente forma: C1 siete casos, C2 once casos y C3 cinco casos (Tabla I).

Radiológicamente se observó consolidación ósea en todos los casos, con congruencia articular radio-cubital distal (Fig. 9).

Funcionalmente, la puntuación media alcanzada con la MWS fue de 85,86 (70-90); la mayoría con una movilidad entre el 75 y 90% respecto al lado contralateral, con pronosupinación completa en todos los casos, y sin dolor. La fuerza media medida con dinamómetro fue de 27,08 Kg. (15,5-35,8) en el lado intervenido, frente a 30,06 Kg. en el lado sano (18,5-49,8), lo que supuso una pérdida de fuerza respecto del lado contralateral de 2,98 Kg. El valor medio del dolor en escala EVA fue de 0,21, solo un paciente presentaba dolor moderado tras un año de la cirugía.

Y finalmente, con el cuestionario DASH, la puntuación media fue de 0,87, la mayoría de pacientes 20 casos obtuvo una puntuación de 0, en 2 casos de 0,9 y un caso con 18,3, este último como consecuencia de desarrollar un SDRC tipo I; además de esta complicación, observamos un caso de tendinitis de extensores del dedo índice por protrusión de un tornillo a nivel dorsal, que requirió la retirada de la osteosíntesis.



Figura 9. Rx simple donde podemos observar una fractura intraarticular de radio distal con conminución dorsal, tipo C3, y fractura distal del cúbito, tratada mediante placa "baby foot" y abordaje MIPO de radio.

En el análisis de correlaciones observamos que la pérdida de fuerza respecto del lado sano fue estadísticamente inferior en el grupo MIPO ($p=0,043$), obteniendo un mejor resultado funcional en el grupo MIPO tanto en la escala MWS como en el DASH, con diferencias E.S ($p=0,023$ y $p=0,032$, respectivamente).

Discusión

Las fracturas de la extremidad distal del radio suponen el 15-20% de todas las fracturas, siendo su incidencia de 36,8/10.000 habitantes por año, en mujeres, y de 9,0/10.000 habitantes/año en hombres mayores de 35 años, y la causa más frecuente de fractura de miembros superiores¹. En nuestro estudio, predominaron las mujeres en la primera fase del trabajo, mientras que en la segunda fase, prospectiva, no hubo diferencias.

En las fracturas de extremidad distal de radio la elección del tratamiento depende de factores como el patrón de la fractura, lesiones asociadas, estado general del paciente, calidad del hueso, la demanda física del paciente, etc.

De los diferentes métodos de estabilización utilizados en el tratamiento de las fracturas de radio distal, las placas volares, tanto de ángulo fijo como variable constituyen un sistema fiable. El objetivo de la reducción

abierta y fijación interna, es conseguir una reposición anatómica y una movilización precoz, evitando desplazamientos secundarios. Debido a la visualización directa de la fractura y el acceso directo a los fragmentos óseos se facilita la reducción. La estabilidad que aportan este tipo de placas, permiten la movilización precoz de la muñeca, evitando la pérdida de movilidad y mejorando la independencia funcional del paciente⁷. La comparación de los resultados clínicos y radiológicos ha demostrado que una correcta reducción anatómica da lugar a un buen resultado funcional, aunque no existe una relación entre la clínica y la imagen radiográfica⁷. En nuestra serie prospectiva, la reducción anatómica se consiguió en un mayor porcentaje de pacientes que en la serie histórica, a pesar de utilizar un abordaje mínimamente invasivo. Las placas volares presentan una menor tasa de complicaciones sobre los tendones flexores, que las dorsales sobre los extensores, al actuar el músculo pronador cuadrado a nivel volar como plano protector entre placa y tendones.

En los últimos años, se han popularizado las técnicas mínimamente invasivas para la osteosíntesis de fracturas mediante placas (MIPO). Desde que se desarrollaron para las fracturas femorales subtrocantéreas y distales; estas técnicas se han ido modificando y adaptando para otros tipos de fracturas, tibia distal^{8,9}, diáfisis humeral^{10,11}, y del pie¹². Otros autores como Imatani¹³ y Sen¹⁴ describieron una técnica MIPO para el abordaje del radio distal², con el objetivo de preservar el músculo pronador cuadrado (PQ), y con ello la vascularización de los fragmentos óseos, que favoreciesen la consolidación¹⁵. Otros autores, describían diferentes tipos de sutura del m. pronador cuadrado^{16,17}.

En estudios con cadáver, Heidari¹⁸ y cols. mostraban la inserción distal del m. pronador cuadrado en la línea de aguas "Watershed line", y como los implantes eran insertados por debajo del PQ de proximal a distal. Pero el diseño de nuevas placas más pequeñas, de menor perfil y más anatómicas ha permitido reducir el tamaño del abordaje quirúrgico, preservando las partes blandas. En nuestro trabajo, el tamaño de la placa utilizada en la técnica MIPO era menor que en la cirugía convencional.

Se han utilizado diferentes tipos de incisión, una sola, o dos incisiones ambas longitudinales, o una transversa distal y otra longitudinal proximal. En nuestro caso utilizamos dos incisiones, una distal de menos de 2,5 cm, longitudinal y otra proximal de 0,5 cm, también longitudinal.

La importancia del PQ radica en su aporte vascular a la parte distal del radio, la estabilización de la articulación radiocubital distal, y el hecho de proporcionar el 21 % de la fuerza de pronación del antebrazo¹⁵. En nuestra serie MIPO la fuerza de agarre fue mejor, estadísticamente significativo, que en la serie retrospecti-

va, con una menor pérdida de fuerza respecto del lado contralateral sano.

Algunos autores refieren que conservando el PQ se puede conseguir una consolidación más rápida¹³, acortando el tiempo de recuperación, hecho que no hemos observado en nuestro trabajo. Existe todavía controversia sobre el efecto protector de este músculo sobre los tendones flexores. Se ha mostrado que las roturas de los tendones flexores son debidas tanto a maluniones como al efecto polea provocado por un mal posicionamiento de las placas^{15,19}. Por otro lado, como hemos dicho, el PQ no cubre completamente la epífisis distal del radio¹³, por tanto, tampoco podremos cubrir completamente la placa, pero preservando el PQ, pueden reducirse el número de tendinitis e incluso roturas tendinosas por pinzamiento con la placa, en especial con el flexor largo del pulgar, el cual está en contacto directo con el PQ¹⁵. En nuestra serie no hemos tenido ningún caso de rotura tendinosa, ni de tendinitis en los flexores, pero sí, un caso, a nivel de extensores por protrusión dorsal de uno de los tornillos distales.

En cualquier caso, la reducción de la fractura es más importante que la preservación del PQ, por tanto, no hay que dudar en ampliar la incisión y diseccionar el PQ si no podemos obtener una buena reducción de la fractura perfecta. El abordaje mínimamente invasivo es el medio, no el fin. La preservación del PQ se puede intentar cuando la reducción y estabilización de la fractura se puede conseguir del mismo modo que con los abordajes tradicionales. Esta técnica tiene una curva de aprendizaje corta. En los jóvenes tiene más sentido preservar el PQ ya que es bastante grueso, pero en los ancianos al ser más delgado puede estar dañado por la propia fractura.

Conclusión

Se trata de una técnica segura, que permite la reducción y estabilización de las fracturas de radio distal, conservando una importante estructura anatómica como es el músculo pronador cuadrado, que participa en el aporte vascular de la parte distal del radio, en la estabilización de la articulación radio-cubital distal y en la fuerza de pronación.

Los resultados no solo estéticos, sino también, funcionales, son mejores con la técnica MIPO.

Pensamos que permitirá, sobre todo en jóvenes, con mayor demanda funcional, un retorno precoz a su nivel de actividad previo a la lesión.

Bibliografía

1. **Chen N, Jupiter J.** Management of distal radial fractures. *J Bone Joint Surg* 2007; 89A:2051-62.
2. **Wei XM, Sun ZZ, Rui YJ, Song XJ.** Minimally invasive plate osteosynthesis for distal radius fractures. *Indian J Orthop* 2014; 48:20-4.
3. **Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J.** The comprehensive classification of fractures of long bones. New York: Springer-Verlag; 1990.
4. **Mayo Wrist Score.** Referencia para la puntuación: **Amadio PC, Berquist TH, Smith DK, Ilstrup DM, Cooney WP 3rd, Linscheid RL.** Scaphoid malunion. *J Hand Surg Am* 1989; 14:679-87. Disponible en: http://www.orthopaedicscore.com/storepages/mayo_wrist_score.html.
5. **Germann G, Wind G, Harth A.** The DASH Questionnaire: a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome. *Handchir Microchir Plast Chir* 1990; 31:149-52.
6. **Serrano de la Cruz MJ.** Fracturas distales de radio. Clasificación. Tratamiento conservador. *Rev Esp Cir Osteoart* 2008; 236:141-54.
7. **Sánchez JM, Cruz A, Ibarzábal A.** Resultados del tratamiento de las fracturas de radio distal con placa volar de ángulo fijo 2009; 20 supl 3:156-60.
8. **Hazarika S, Chakravarthy J, Cooper J.** Minimally invasive locking plate osteosynthesis for fractures of the distal tibia. Results in 20 patients. *Injury* 2006; 37:877-87.
9. **Ronga M, Shanmugam C, Longo UG, Oliva F, Maffulli N.** Minimally invasive osteosynthesis of distal tibial fractures using locking plates. *Orthop Clin North Am* 2009; 40:499-504.
10. **Lau T, Leung F, Chan C, Chow S.** Minimally invasive plate osteosynthesis in the treatment of proximal humeral fracture. *Int Orthop* 2007; 31:657-64.
11. **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.
12. **Thermann H, Krettek C, Tscherne H, Von Glinski S.** Minimally invasive fracture stabilization in foot trauma. *Tech Orthop* 1999; 14:176-90.
13. **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; 30:220-5.
14. **Sen MK, Strauss N, Harvey EJ.** Minimally invasive plate osteosynthesis of distal radius fractures using a pronator sparing approach. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2008; 12:2-6.
15. **Rey PB, Rochet S, Loisel F, Obert L.** Technical note: How to spare the pronator quadratus during MIPO of distal radius fractures by using a mini-volar plate. *Chir Main* 2014; 33:95-9.
16. **Chirpaz-Cerbat JM, Ruatti S, Houillon C, Ionescu S.** Dorsally displaced distal radius fractures treated by fixed-angle volar plating: grip and pronosupination strength recovery. A prospective study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97:465-70.
17. **Hershman SH, Immerman I, Bechtel C, Lekic N, Paksima N, Egol KA.** The effects of pronator quadratus repair on outcomes after volar plating of distal radius fractures. *J Orthop Trauma* 2013; 27:130-3.
18. **Heidari N, Clement H, Kosuge D, Grechening W, Tesch NP, Weinberg AM.** Is sparing the pronator quadratus muscle possible in volar plating of the distal radius?. *J Hand Surg Eur* 2012; 37:402-6.
19. **Orbay J.** Volar plate fixation of distal radius fractures. *Hand Clin* 2005; 21:347-54.