

Fractura de radio distal: abordaje mininvasivo con preservación del pronador cuadrado

GABRIEL CLEMBOSKY, GUSTAVO L. GÓMEZ RODRÍGUEZ,
JUAN MARTÍN PERRONE Y DIEGO J. GÓMEZ

Hospital Británico de Buenos Aires

Recibido el 31-1-2014. Aceptado luego de la evaluación el 27-1-2015 • Dr. GABRIEL CLEMBOSKY • clembosky@gmail.com

Resumen

Objetivo: Describir y analizar una técnica de osteosíntesis palmar de radio distal con preservación del pronador cuadrado.

Materiales y Métodos: Se revisaron, en forma retrospectiva, 24 pacientes operados con esta técnica (16 mujeres y 8 hombres; edad promedio 65 años). Doce fracturas eran de tipo A; 7, de tipo B y 5, de tipo C. La técnica quirúrgica consiste en practicar una incisión cutánea de 25 mm y profundizar hasta observar el pronador cuadrado. Sin seccionarlo, se realiza una disección de su borde distal, a fin de introducir la placa bloqueada volar por debajo del músculo. Se colocan los tornillos distales bajo visión directa y los tornillos proximales, en forma percutánea. La evaluación posoperatoria se llevó a cabo mediante análisis clínico-funcional y radiográfico.

Resultados: En el último control, todos los pacientes presentaban signos clínicos y radiográficos de consolidación ósea. El puntaje en la escala DASH fue, en promedio, de 4,8. Se observó una inclinación palmar posoperatoria de la superficie articular del radio de 14,3° promedio y una inclinación radial de 26,3° promedio. No se detectaron complicaciones relacionadas con la fractura, el implante o la herida quirúrgica en ninguno de los controles posoperatorios.

Conclusiones: Sin bien no existe bibliografía que demuestre que la técnica mininvasiva sea superior, sostenemos que el hecho de obtener resultados similares con ambos abordajes (mininvasivo y convencional) justifica llevar a cabo esta técnica con preservación del pronador cuadrado, sobre todo en los pacientes preocupados por el aspecto estético de la cicatriz.

Palabras clave: Placa bloqueada palmar; Técnica mínimamente invasiva; Preservación del pronador cuadrado; Fracturas de radio distal.

Nivel de evidencia: IV

DISTAL RADIUS FRACTURE: MINIMALLY INVASIVE APPROACH WITH PRONATOR QUADRATUS PRESERVATION

Abstract

Objective: To describe and analyze a volar locking plate technique for distal radius fractures with pronator quadratus preservation.

Methods: We retrospectively reviewed 24 patients who underwent minimally invasive approach (16 women, 8 men; mean age 65 years). Twelve fractures were type A, 7 type B and 5 type C. The surgical technique involves making an incision of 25 mm and deepened to expose the pronator quadratus. Afterwards, a distal edge dissection of the pronator quadratus is performed in order to introduce the volar locking plate under the muscle. Distal screws are placed under direct vision and proximal screws are placed percutaneously. Postoperative evaluation included clinical, functional and radiological analyses.

Conflicto de intereses: Los autores no obtuvieron ningún beneficio por la realización de este estudio.

Results: At last control, all patients had clinical and radiographic signs of bone healing. The average score on the DASH scale was 4.8 points. Postoperative average volar tilt was 14.3° and the average radial inclination was 26.3°. There were no complications related to the fracture, implant or surgical wound in the postoperative controls.

Conclusions: Although we did not obtain better results with this technique than with the conventional one, and there is no literature available which demonstrates that the minimally invasive technique is superior, we believe that the fact of getting similar results with both approaches justifies carrying out this technique with pronator quadratus preservation, especially in patients concerned about the cosmetic appearance of the scar.

Key words: Volar locking plate; Minimally invasive technique; Pronator quadratus preservation; Distal radius fracture.
Level of evidence: IV

Introducción

La reducción abierta y la fijación interna mediante abordaje palmar se ha convertido en la opción más popular^{1,2} para tratar las fracturas de radio distal inestables en los últimos años.³⁻⁶ Sin embargo, para colocar la placa mediante un abordaje palmar de Henry convencional,⁷ es necesario seccionar o desinsertar desde radial el músculo pronador cuadrado (PC).^{3,8-10}

No obstante, la conservación de este músculo es importante debido a que ofrece una separación entre el material de osteosíntesis y el plano de los tendones flexores, otorga mayor estabilidad a la articulación radiocubital distal y contribuye, en forma significativa, a la pronación del antebrazo.^{11,12}

El objetivo primario de este estudio es describir una técnica novedosa de osteosíntesis con preservación del PC mediante el deslizamiento de la placa por debajo de este músculo, utilizando un abordaje mínimamente invasivo palmar. El objetivo secundario es evaluar los resultados de esta técnica determinando si con una menor exposición del radio distal, se pueden lograr buenos resultados clínicos, radiográficos y funcionales.

Materiales y Métodos

Se revisaron, en forma retrospectiva, 24 pacientes con diagnóstico de fractura inestable de muñeca, operados con placas palmares bloqueadas mediante un abordaje mínimamente invasivo por el mismo cirujano, en nuestro Servicio. La serie estaba conformada por 16 mujeres y 8 hombres, con una edad promedio de 65 años (rango de 35 a 70 años), 9 muñecas eran derechas y 15, izquierdas. Todas las fracturas fueron clasificadas según la clasificación AO (AO 23):¹³ 12 de tipo A (7 A2 y 5 A3), 7 de tipo B (3 B1, 2 B2 y 2 B3) y 5 de tipo C (3 C1 y 2 C2). Todos los pacientes cumplieron un seguimiento mínimo de 12 meses, con un promedio de 14 meses (rango de 12 a 17 meses). El tiempo promedio transcurrido entre el traumatismo que ocasionó la fractura de muñeca y la cirugía fue de 4.3 días (rango de 2 a 11 días). Todos concurren, en una primera instancia, a la Guardia de nuestro Centro donde se les realizó una reducción cerrada seguida de inmovilización con férula en pinza de azúcar. En todos los casos, la cirugía

se indicó sobre la base de: 1) una desviación dorsal >10°, 2) una inclinación radial <15°, 3) una varianza cubital >3 mm y 4) un escalón articular >2 mm.

Se decidió excluir a los pacientes con lesiones asociadas en el miembro superior homolateral, con fracturas de tipo 23-C3, con lesiones multiorgánicas o traumatismo craneoencefálico, a quienes tenían un seguimiento <1 año y a aquellos con >2 semanas desde la fractura de muñeca hasta la cirugía. En todos los casos, se llevó a cabo una minuciosa planificación preoperatoria con radiografías de frente y de perfil de la muñeca afectada y de la contralateral.

Todos fueron operados utilizando como implante una placa bloqueada palmar (VariAx® y Universal®; Stryker Leibinger GmbH & Co, Freiburg, Alemania).

Técnica quirúrgica

Se coloca al paciente en decúbito dorsal sobre la mesa quirúrgica, luego de aplicar la anestesia regional con bloqueo del plexo braquial. Antes de la incisión, se realiza una reducción cerrada y la fijación transitoria con clavijas de Kirschner bajo intensificador de imágenes; de esta manera, se reduce la manipulación abierta de la fractura con la que se puede dañar el PC. Puede utilizarse una clavija dorsal intrafocal con técnica de Kapandji¹⁴ para controlar la inclinación palmar y otra clavija radial para controlar la inclinación radial del fragmento distal del radio.

Luego, con guía radioscópica, se ubica el borde distal del radio y se practica una incisión de aproximadamente 25 mm longitudinal hacia proximal, a nivel del tendón palmar mayor (flexor radial del carpo) (Figura 1). Se diseña el tejido celular subcutáneo hasta identificar el tendón. A continuación, se realiza una incisión longitudinal sobre la vaina de dicho tendón. Se profundizan planos, retrayendo el palmar mayor y el flexor largo del pulgar hacia cubital, y protegiendo, en el lado opuesto, el paquete arteriovenoso radial.

Se completa con disección roma hasta el plano profundo donde se visualizan las fibras transversales del PC. Con bisturí, se practica una disección transversal de partes blandas, a fin de levantar el margen distal del músculo y elevarlo mediante un legrado submuscular, protegiendo su inserción radial y cubital. Este es el momento en el que se puede corregir nuevamente algún tipo de desplazamiento a nivel de la fractura. Una vez lograda una reduc-

ción satisfactoria, se desliza la placa bloqueada en forma retrógrada (Figuras 2 y 3), entre el hueso (radio distal) y el PC, sin alterar la continuidad del músculo (Figura 4). En este momento de la cirugía, es importante constatar la ausencia de tejidos blandos atrapados entre la placa y

el hueso. Mediante radioscopia, se ubica la placa en una posición correcta, se debe observar que el extremo distal del implante no sobrepase el borde articular del radio y que el extremo proximal de la placa se halle centrado con respecto a la diáfisis del radio.



▲ **Figura 1.** Abordaje palmar de 25 mm a nivel del palmar mayor.



▲ **Figura 2.** Deslizamiento de la placa por debajo del pronador cuadrado.



▲ **Figura 3.** Representación gráfica.



▲ **Figura 4.** Placa ubicada por debajo del pronador cuadrado. Nótese la indemnidad del músculo.

Mediante una tracción hacia proximal del borde distal del PC, se colocan los tornillos distales epifisarios bajo visión directa (Figura 5) y, en forma transmuscular guiados con radioscopia, se colocan los tornillos proximales. Para colocar estos tornillos, se puede utilizar la misma herida de piel o introducirlos en forma percutánea. Esto estaría limitado por la elasticidad de la piel, el tamaño de la placa y por el abordaje efectuado. Colocar la muñeca en máxima flexión permite una mayor excursión de la incisión hacia proximal con el fin de encontrar el sitio de entrada de los tornillos proximales. Si la excursión no es suficiente como para introducir los tornillos a través de la misma herida, se podrán colocar en forma percutánea. En este caso, recomendamos realizar la incisión en piel sobre el orificio de la placa guiado con intensificador de imágenes; se divulsionan las fibras del PC con pinza Halsted y se introduce la guía de bloqueo para tornillos bloqueados. Una vez localizada la guía se podrá perforar el hueso con la mecha correspondiente (Figura 6).

Una vez estabilizada la fractura con la placa palmar, se procede a retirar las clavijas transitorias. Por último, se comprueba la reducción de la fractura y la adecuada colocación del implante a través de radioscopia. Si la placa palmar fue colocada correctamente, sin sobrepasar la línea divisora de las aguas, el implante quedará cubierto por completo por el PC al dejar de ejercer tracción proximal sobre su borde distal. Si el extremo distal del material de osteosíntesis quedara expuesto a la fricción con los tendones flexores, puede optarse por suturar el extremo distal del PC a fin de cubrir la placa. A continuación, se efectúa el cierre del tejido celular subcutáneo y de piel. Al terminar, se coloca una férula antebraquialpalmar y se indica al paciente que comience con ejercicios activos de flexo-extensión de dedos cuando haya terminado el efecto del bloqueo anestésico.

Posoperatorio

A la semana se controla la herida quirúrgica. En la segunda semana, se retiran los puntos de sutura y se inicia un protocolo de rehabilitación asistida por terapeuta de mano, se elimina la inmovilización, salvo en casos de lesiones ligamentarias asociadas, que no son caso de estudio en este trabajo. Los siguientes controles se llevan a cabo a las semanas 4, 8 y 12, y se sigue con controles periódicos cada 3 meses hasta el año. El paciente se reintegra a sus actividades habituales cuando se sienta en condiciones de hacerlo, lo que depende fundamentalmente de la edad y del tipo de actividades que realiza.

La evaluación posoperatoria se llevó a cabo mediante un estudio clínico-funcional y radiológico de los 24 pacientes. En la evaluación clínico-funcional se utilizó la escala analógica visual para determinar la presencia y la intensidad de dolor (0-10 puntos), el rango de movilidad (flexión y extensión de muñeca, pronación y supinación del antebrazo), la fuerza de cierre de puño, el tiempo de retorno a la actividad laboral y una evaluación subjetiva del paciente mediante la escala DASH,¹⁵ a las semanas 1, 2, 4, 8 y 12, y también durante la última visita. Asimismo, se evaluó el desempeño de las actividades cotidianas (Escala de Green y O'Brien)¹⁶ al momento del último control.

Para la evaluación radiológica (Figura 7) se tomaron radiografías de frente y de perfil de muñeca, en las que se efectuaron mediciones, como inclinación palmar y cubital de la superficie articular del radio, congruencia articular del radio (ausencia de escalón articular o escalón <2 mm y ausencia de brecha articular), varianza cubital^{17,18} y la alineación de la placa con respecto a la diáfisis del radio. Se determinó, además, la presencia de tornillos que invadieran la articulación radiocarpiana o radiocubital distal. Los controles radiográficos fueron sucesivos, inmediatamente después de la cirugía, a las semanas 2, 4 y 8, a los 3 y 6 meses, y al año.

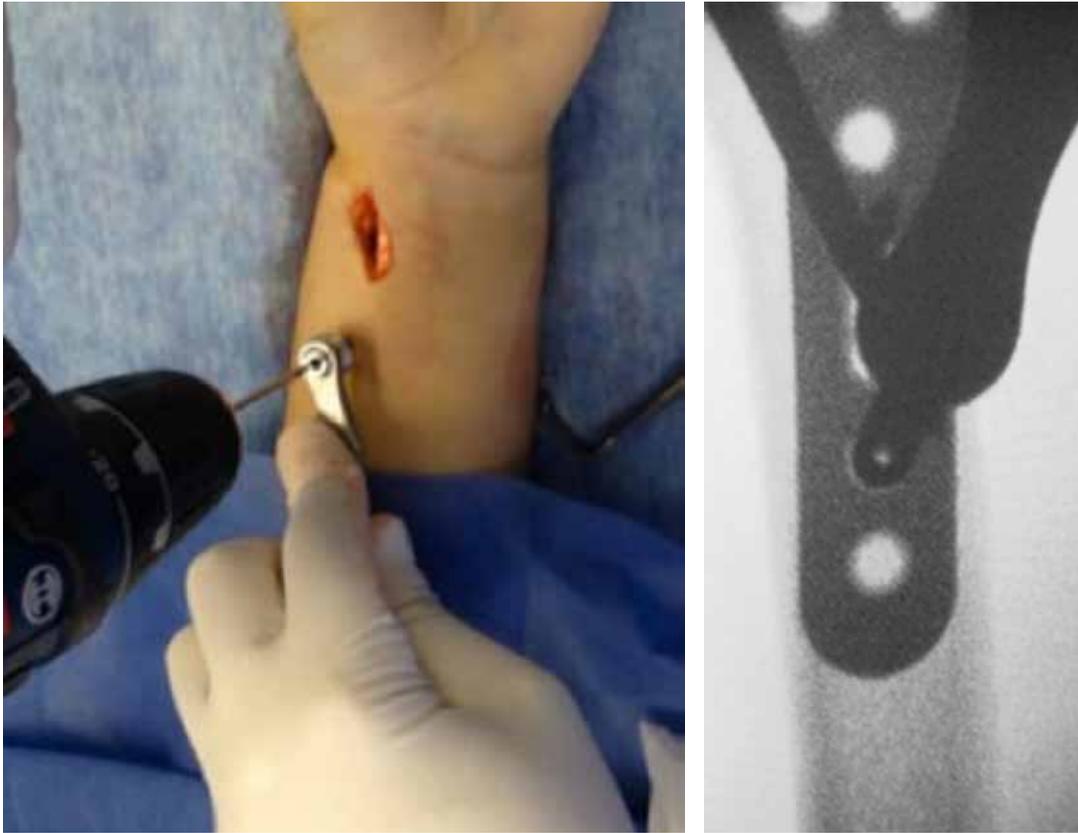
Resultados

Al momento del último control, todos los pacientes tenían signos clínicos y radiográficos de consolidación ósea de la fractura de muñeca. Ninguno fue perdido en el seguimiento. No se observaron complicaciones relacionadas con la fractura, el implante o la herida quirúrgica en ninguno de los controles posoperatorios.

Se registraron dos desinserciones del PC al deslizar la placa por debajo de este. En ambas, se lesionó la inserción radial; por lo tanto, se realizó una sutura y estos dos pacientes fueron excluidos del estudio.

◀ **Figura 5.** Colocación de tornillos distales bajo visión directa. La elasticidad de la piel permite colocar los tornillos proximales por la misma herida.





▲ **Figura 6.** Colocación de tornillos proximales por vía percutánea.



▲ **Figura 7.** Radiografías preoperatorias y posoperatorias de una fractura 23B3 tratada mediante la técnica descrita, con la que se obtuvieron muy buenos resultados radiográficos.

En cuanto a la evaluación clínico-funcional del último control, se obtuvo un resultado promedio de 0,4 puntos (rango de 0 a 3) en la escala analógica visual; un rango de movilidad promedio de 85,6° (60°-90°) en flexión (88% promedio del contralateral), de 68,7° (60°-80°) en extensión (91% promedio del contralateral), de 88,5° (80°-90°) en pronación (97% promedio del contralateral) y de 87,4° (70°-90°) en supinación (93% promedio del contralateral). La fuerza de cierre de puño fue del 95,4% promedio (72-112%) con respecto a la mano contralateral. Diecisiete de los 24 pacientes desempeñaban actividades laborales antes de sufrir la fractura de muñeca y pudieron reanudarlas en un promedio de 8 semanas (rango de 6 a 13 semanas). El puntaje promedio en la escala DASH en el último control fue de 4,8 (0-22,4). En la escala de Green y O'Brien, los pacientes calificaron el procedimiento como excelente (18 casos) o bueno (6 casos) y, en ningún caso, como malo.

En cuanto a la evaluación radiológica, se midió una inclinación palmar de la superficie articular del radio en el perfil de 14,3° promedio (rango de 5° a 17°) en la radiografía posoperatoria inmediata; en la radiografía de frente, se encontró una inclinación radial de 26,3° promedio (rango de 21° a 29°). En uno de los 24 pacientes, se observaron signos radiográficos de diastasis entre dos fragmentos, lo cual generaba una brecha articular de 2 mm, sin diferencias sintomáticas o funcionales con el resto de los pacientes. Ninguno tuvo un escalón articular >2 mm. La varianza cubital fue de -0,3 mm promedio (rango de -3 a 2 mm) inmediatamente después de la cirugía. El ángulo formado entre el eje de la placa y el eje de la diáfisis radial (orientación de la placa) fue de 0,4° promedio (rango de -2° a 3°); se entiende como ángulo negativo una orientación cubital y, como ángulo positivo, una orientación radial del extremo proximal de la placa.

Discusión

Varios autores están a favor de preservar el PC.^{8,19-29} Otros mencionan el hecho de que la reparación del PC al finalizar el procedimiento se considera difícil y suele ser defectuosa, debido a la contusión y la friabilidad muscular del PC sumado a que la inserción del músculo no es lo suficientemente fuerte como para soportar la sutura. En un estudio comparativo de 112 pacientes con reparación del PC o sin ella, Hershman y cols.³⁰ concluyeron en que no existían diferencias clínicas ni funcionales significativas entre ambos grupos.

En 2011, Zenke y cols.³¹ presentaron un estudio comparativo retrospectivo entre el abordaje mínimamente invasivo y el convencional y no obtuvieron resultados clínico-funcionales ni radiográficos significativos que aseguren que una técnica sea mejor que la otra. Sin embargo, un estudio reciente demuestra una relación significativa entre la afeción del PC y la pérdida de fuerza de pronación.³² En adición a esto último, se ha visto que el PC está conformado por dos fascículos, uno profundo y otro superficial, y que el primero está asociado a mantener la estabilidad de la

articulación radiocubital distal, mientras que el segundo contribuye directamente con la pronación del antebrazo.¹²

Por lo tanto, la preservación del PC evitaría una pérdida de fuerza de pronación, ofrecería cobertura a la placa protegiendo a los tendones flexores de la fricción e irritación que pueda ocasionar su rotura,²² beneficiaría el aporte sanguíneo a los fragmentos fracturarios distales del radio mediante la arteria interósea anterior que atraviesa el PC,^{24,26,28} y otorgaría mayor estabilidad a la articulación radiocubital distal.^{21,25}

Sobre la base de la bibliografía revisada y los resultados obtenidos en nuestra serie, creemos que el abordaje mínimamente invasivo no alteraría los resultados finales, a pesar de tener una menor exposición del radio distal. Además, en un estudio cadavérico con 20 radios en los que se reprodujo esta técnica, Heidari y cols.¹⁹ demostraron que, con una tracción controlada del margen distal del PC, se obtenía una exposición promedio de 26,2 mm a nivel de la fosa escafoidea y de 23,8 mm a nivel de la fosa semilunar. Esto permitiría la reducción directa de fragmentos que no hayan sido reducidos previamente, en forma cerrada y, además, la colocación de los tornillos distales en la gran mayoría de las placas bloqueadas.¹⁹

Otro punto por considerar es que un menor abordaje llevaría indeclinablemente a una cicatriz de menor tamaño, un aspecto que los pacientes cada vez demandan más debido a razones estéticas.³¹ Yoshikawa y cols.³² publicaron un estudio con un abordaje mínimamente invasivo en pacientes preocupados por la estética de la cicatriz, y obtuvieron una buena satisfacción del paciente al finalizar el procedimiento. Algunos autores³¹ realizan esta técnica con una incisión transversal y argumentan que la cicatriz pasaría más inadvertida entre los pliegues palmares de la muñeca. Sin embargo, mencionan también que algunos pacientes jóvenes estaban disgustados con la cicatriz debido a su parecido con una cicatriz por intento de suicidio.

Conclusiones

Podemos destacar que, en esta técnica quirúrgica, descrita en 2005, por Imatani y cols.²⁰ y modificada luego por Sen,²⁷ Dos Remedios⁸ y Zemirline,³³ encontramos una alternativa para la osteosíntesis en fracturas de muñeca con dos ventajas importantes: la preservación del músculo PC con sus inserciones y una cicatriz de menor tamaño. Sin bien no existe bibliografía que demuestre que la técnica mínimamente invasiva sea superior, sostenemos que el hecho de obtener resultados similares con ambos abordajes justifica llevar a cabo esta técnica, sobre todo en los pacientes preocupados por el aspecto estético de la cicatriz. Asimismo, pensamos que lograr los mismos resultados con un menor daño de partes blandas (PC) y una cicatriz más estética es un paso más en el perfeccionamiento de cualquier técnica quirúrgica, sobre todo en una parte del cuerpo que la vestimenta deja visible, como las manos y muñecas. Queda pendiente la comparación de esta técnica con otros abordajes mediante estudios prospectivos a ciego.

Bibliografía

1. Melton LJ, Amadio PC, Crowson CS, O'Fallon WM. Long term trends in the incidence of distal forearm fractures. *Osteoporos Int* 1998;8:341-8.
2. Jupiter JP, Marent-Huber M. Operative management of distal radial fractures with 2.4-millimeter locking plates. A multicenter prospective case series. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:55-65.
3. Chung KC, Petruska EA. Treatment of unstable distal radial fractures with the volar locking plating system. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:256-66.
4. Chung KC, Shauver MJ, Birkmeyer JD. Trends in the United States in the treatment of distal radial fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1868-73.
5. Lozano-Calderon SA, Doornberg JN, Ring D. Retrospective comparison of percutaneous fixation and volar internal fixation of distal radius fractures. *Hand (NY)* 2008;3:102-10.
6. Wright TW, Horodyski M, Smith DW. Functional outcome of unstable distal radius fractures: ORIF with a volar fixed-angle tine plate versus external fixation. *J Hand Surg Am* 2005;30:289-99.
7. Henry AK. *Extensile exposures*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1973:19.
8. Dos Remedios C, Nebout J, Benlarbi H, Caremier E, Sam-Wing JF, Beya R. Pronator quadratus preservation for distal radius fractures with locking palmar plate osteosynthesis. Surgical technique. *Chir Main* 2009;28:224-9.
9. Figl M, Weninger P, Liska M, Hofbauer M, Leixnering M. Volar fixed-angle plate osteosynthesis of unstable distal radius fractures: 12 months results. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:661-9.
10. Murakami K, Abe Y, Takahashi K. Surgical treatment of unstable distal radius fractures with volar locking plates. *J Orthop Sci* 2007;12:134-40.
11. Gordon KD, Pardo RD, Johnson JA, King GJ, Miller TA. Electromyographic activity and strength during maximum isometric pronation and supination efforts in healthy adults. *J Orthop Res* 2004;22:208-13.
12. Stuart PR. Pronator quadratus revisited. *J Hand Surg Br* 1996;21:714-22.
13. Graff S, Jupiter J. Fracture of the distal radius: classification of treatment and indications for external fixation. *Injury* 1994;25(Suppl. 4):S-D14-25.
14. Kapandji A. L'embrochage intra-focal des fractures de l'extrémité inférieure du radius dix ans après. *Ann Chir Main* 1987;6:57-63.
15. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). *Am J Ind Med* 1996;29:602-8.
16. Cooney WP, Bussey R, Dobyns J, Linscheid R. Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin Orthop Relat Res* 1987;214:136-47.
17. Goldfarb CA, Yin Y, Gilula LA, Fisher A, Boyer M. Wrist fractures: what the clinician wants to know. *Radiology* 2001;219:11-28.
18. Metz VM, Gilula LA. Imaging techniques for distal radius fractures and related injuries. *Orthop Clin North Am* 1993;24:217-28.
19. Heidari N, Clement H, Kosuge D, Grechenig W, Tesch N, Weinberg A. Is sparing the pronator quadratus muscle possible in volar plating of the distal radius? *J Hand Surg Eur Vol.* 2012;37:402.
20. Imatani J, Noda T, Morito Y, Sato T, Hashizume H. Minimally invasive plate osteosynthesis for comminuted fractures of the metaphysis of the radius. *J Hand Surg Br* 2005;30:220-5.
21. Johnson RK, Shrewsbury MM. The pronator quadratus in motions and in stabilization of the radius and ulna at the distal radioulnar joint. *J Hand Surg* 1976;1:205-9.
22. Klug RA, Press CM, Gonzalez MH. Rupture of the flexor pollicis longus tendon after volar fixed-angle plating of a distal radius fracture: a case report. *J Hand Surg Am* 2007;32:984-8.
23. McConkey MO, Schwab TD, Travlos A, Oxland T, Goetz T. Quantification of pronator quadratus contribution to isometric pronation torque of the forearm. *J Hand Surg Am* 2009;34:1612-7.
24. Mikic Z. The blood supply of the human distal radioulnar joint and the microvasculature of its articular disk. *Clin Orthop Relat Res* 1992;275:19-28.
25. Orbay JL. The treatment of unstable distal radius fractures with volar fixation. *Hand Surg* 2000;5:103-12.
26. Rath S, Hung LK, Leung PC. Vascular anatomy of the pronator quadratus muscle-bone flap: a justification for its use with a distally based blood supply. *J Hand Surg Am* 1990;15:630-6.
27. 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.

28. Sheetz KK, Bishop AT, Berger RA. The arterial blood supply of the distal radius and ulna and its potential use in vascularized pedicled bone grafts. *J Hand Surg Am* 1995;20:902-14.
29. Swigart CR, Badon MA, Bruegel VL, Dodds S. Assessment of pronator quadratus repair integrity following volar plate fixation for distal radius fractures: a prospective clinical cohort study. *J Hand Surg Am* 2012;37:1868-73.
30. Hershman SH, Immerman I, Bechtel C, Lekic N, Paksima N, Egol K. The effects of pronator quadratus repair on outcomes after volar plating of distal radius fractures. *J Orthop Trauma* 2013;27(3):130-3.
31. Zenke Y, Sakai A, Oshige T, Moritani S, Fuse Y, Maehara T, Nakamura T. Clinical results of volar locking plate for distal radius fractures: conventional versus minimally invasive plate osteosynthesis. *J Orthop Trauma* 2011;25(7):425-31.
32. Yoshikawa Y, Saito T, Matsui H. A new cosmetic approach for volar fixed-angle plate fixation to treat distal radius fractures. *J Jpn Soc Surg Hand* 2008;24:889-93.
33. Zemirline A, Naito K, Lebailly F, Facca S, Liverneaux P. Distal radius fixation through a mini-invasive approach of 15 mm – feasibility study. *J Hand Surg Eur* 2014;24(6):1031-5.