

## **Fracturas inestables de radio distal. Nuestra experiencia en osteosíntesis con placa volar de ángulo variable**

### *Unstable distal radius fracture: our experience in osteosynthesis with volar variable-angle locking plate*

---

Rojas, Facundo  
Rodríguez León, Alfredo  
Gormaz Talavera, Irene  
Aragón Outon, Adela  
Álvarez Blanco, Miguel  
Villanueva Pareja, Francisco

#### **CENTRO**

Hospital Regional Universitario Carlos Haya (Málaga)

---

#### **RESUMEN**

**OBJETIVO:** evaluar los resultados funcionales, subjetivos y radiológicos obtenidos en los pacientes tratados con placa volar de ángulo variable para fracturas inestables de radio distal y compararlos con estudios actuales.

**PACIENTES Y MÉTODOS:** De octubre de 2008 a julio de 2011, se incluyeron 20 pacientes en los que se realizó abordaje volar de muñeca lateral al *Flexor Carpi Radialis*. Tuvieron un seguimiento promedio de 18 meses. Se evaluaron resultados clínicos y radiológicos, *Mayo Wrist Score* y cuestionario DASH.

**RESULTADOS:** El promedio de edad fue de 50 años, 50% hombres y 50% mujeres. Se constató la consolidación de la fractura en todos los casos. Se obtuvo un promedio de angulación volar de 5°, inclinación radial de 19°, altura radial de 10,5mm, varianza cubital de -1mm. La valoración clínica arrojó un promedio de flexión dorsal de 75°, flexión palmar de 70°, supinación de 75°, pronación de 73°. Los resultados del cuestionario DASH mostraron un promedio de 17,8 y de 82,7 en cuando *Mayo Wrist Score*.

**CONCLUSIONES:** Nuestra experiencia ha arrojado buenos resultados tanto funcionales y subjetivos, como radiológicos, similares a los encontrados en estudios con implantes de la misma generación.

---

#### **ABSTRACT**

**OBJECTIVE:** assess the functional, subjective and radiological results obtained in patients treated with variable-angle locking plate for unstable distal radius fracture and compare these results with current studies.

**PATIENTS AND METHOD:** From October of 2008 to July of 2011, 20 patients were included who had undergone intervention using the volar approach to the *Flexor Carpi Radialis*. The average follow up was 18 months. Both clinical and radiological results were analyzed. The *Mayo Wrist Score* and DASH questioner were used.

**RESULTS:** The average age was 50 years; 50% men and 50% women. The consolidation of the fracture was verified

in all cases. An average volar angle was obtained of 5°, radial inclination of 19°, radial height of 10.5 mm, and ulnar variance of -1 mm. The clinical assessment revealed an average dorsal flexion of 75°, palm flexion of 70°, supination of 75° and pronation of 73°. The results for the DASH questionnaire showed an average of 17.8 and 82.7 for the Mayo Wrist Score.

**CONCLUSIONS:** Our experience has provided some good results, both in functional and subjective as well as radiological terms, similar to those found in studies with implants from the same generation.

**Palabras clave:** Fracturas inestables, radio distal, osteosíntesis placa volar, ángulo variable placa.

**Key words:** Unstable fractures, distal radius, volar plate osteosynthesis, variable angle plate.

**Recibido:** 30-10-2012. **Aceptado:** 13-11-2012. **Publicado en pág. web:** 14-11-2012.

**CONTACTO:** Facundo Rojas. Av. de Carlos Haya, 186 3ªH, 29010, Málaga. Teléfono: 662 227 805. [rojascot@gmail.com](mailto:rojascot@gmail.com).

## INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo se ha aceptado que cualquier fractura de radio distal podría curar con un tratamiento conservador y con resultados aceptables a largo plazo<sup>(1)</sup>. Sin embargo, para evitar problemas funcionales derivados de los cambios degenerativos postraumáticos, la tendencia actual en el tratamiento de estas fracturas se orienta a una cuidadosa reducción anatómica<sup>(2)</sup>, a pesar de que la relevancia clínica de esos cambios es debatida.

El tratamiento quirúrgico con reducción abierta y fijación interna (RAFI) permite una reconstrucción más precisa de la superficie articular, disminuye los tiempos de inmovilización y ofrece buenos resultados funcionales<sup>(3)</sup>.

En los últimos años la osteosíntesis con placa implantada por vía volar ha ganado popularidad de acuerdo a las ventajas del abordaje, la posibilidad de permitir la fijación con implantes de ángulo estable (o placas "bloqueadas"), y el menor porcentaje efectos adversos comparativamente con las placas por vía dorsal. Recientemente se ha introducido la tecnología de ángulo variable como una evolución de las placas de ángulo fijo, otorgando mayor versatilidad a la fijación interna

ya que permite al cirujano responder ante cualquier variante anatómica o de la fractura y fijar fragmentos óseos específicos<sup>(3, 4, 5)</sup>.

En nuestro servicio realizamos el siguiente estudio, con el objetivo de evaluar los resultados funcionales, subjetivos y radiológicos obtenidos en pacientes con fracturas inestables de radio distal tratados con placa volar de ángulo variable, y compararlos con estudios actuales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Tipo de estudio.** Realizamos un estudio observacional, retrospectivo, descriptivo.

**Serie.** De octubre de 2008 a julio de 2011, se intervinieron en nuestro servicio 22 pacientes. Sólo un paciente no estuvo disponible para el estudio y se descartó otro paciente ya que posteriormente a la cirugía había sufrido un trauma craneoencefálico severo que limitó su capacidad funcional. Los datos de los 20 pacientes restantes fueron obtenidos de los registros clínicos, del sistema informatizado de radiodiagnóstico del hospital y de la entrevista médica para la realización del último examen clínico funcional.

**Procedimiento quirúrgico y tratamiento postoperatorio.** En todos los pacientes, durante el acto quirúrgico, se utilizó el abordaje volar de muñeca lateral al *Flexor Carpi Radialis* (FCR), excepto en un caso que se realizó un abordaje combinado dorsal y volar por dificultad en la reducción desde el abordaje volar aislado. Otras variables de la técnica como el tipo de sutura de la piel, la utilización de injerto óseo o descompresión del túnel carpiano fueron realizadas de acuerdo a las preferencias del cirujano. Las fracturas de la estiloides cubital no fueron tratadas en ningún caso, aunque no se observó casos de inestabilidad radiocubital distal. No se estandarizó la inmovilización con férula, que fue indicada de acuerdo a los criterios de cada cirujano. Se permitió la movilización temprana con restricción de peso, a excepción de los casos inmovilizados con férula. A partir del 1º mes se derivó a Medicina Física y Rehabilitación para la realización de terapia física.

**Implante.** La osteosíntesis se realizó con la placa volar de ángulo variable 2.4 Variable-Angle LCP Two Column Volar Plate (Synthes, Oberdorf, Suiza).

**Instrumentos de evaluación.** Las fracturas fueron clasificadas según el sistema AO-ASIF de Müller y la decisión terapéutica fue basada en el protocolo para fracturas de radio distal utilizado en nuestro servicio.

Se evaluó de forma rutinaria al mes y a los 3 meses postoperatorios, y luego según cada caso en particular con un mínimo de 6 meses. En cada consulta se tomaron radiografías anteroposteriores y laterales, evaluando clínicamente su rango de movilidad.

Para la valoración funcional se realizó en la última entrevista el cuestionario DASH en su versión en español y la escala de Mayo modificada (*Mayo Wrist Score* – MWS). El cuestionario DASH es un instrumento específico de medición de calidad de vida para problemas relacionados con el miembro superior, que hace énfasis en la percepción sintomática del paciente por lo que aporta una traducción subjetiva de los parámetros que se pueden medir en el examen clínico o en escalas donde predomina la valoración funcional como la MWS<sup>(6, 7, 8)</sup>. No hay parámetros predefinidos en esta escala para la valoración los

resultados, definiendo un resultado de 0 como sin incapacidad y 100 como totalmente incapacitado. Al contrario, los resultados están predefinidos para MWS (Excelente = 90-100; Bueno = 80-90; Satisfactorio = 60-80; Malo < 60)<sup>9</sup>.

**Análisis estadístico.** Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa SPSS Statistics 17.0 para Windows. Las variables categóricas y los datos demográficos se fueron descritos como porcentajes; las variables continuas fueron presentadas como media, desviación estándar y rango. Se ha usado el Test de Student para la comparación de medias de variables continuas y la prueba de Mann-Whitney para datos numéricos no adaptados a la curva normal. El nivel de significación se ha establecido para un valor igual a  $p < 0,05$ . Las asociaciones con valor superior se interpretan como una tendencia.

## RESULTADOS

Los 20 pacientes incluidos tuvieron un seguimiento medio de 18 meses (rango de 6 a 42 meses). El promedio de edad fue de  $50 \pm 13$  años (rango de 21 a 76 años). La distribución por géneros fue de 50% ( $n=10$ ) hombres y 50% ( $n=10$ ) mujeres. Hubo predominancia de afectación en radio distal izquierdo (60%;  $n=12$ ) y no se intervinieron simultáneamente casos de bilateralidad.

De acuerdo a la clasificación AO, se registraron 20% de fracturas tipo A ( $n=4$ ; tres A3 y una A2), 10% de fracturas tipo B ( $n=2$ ; ambas B2), y 70% del tipo C ( $n=17$ ; 9 casos C1, 4 casos C2, 1 caso C3) (Fig. 1). Se clasificaron los mecanismos traumáticos de acuerdo a la energía obteniendo 55% por mecanismo de alta energía ( $n=11$ ) y 45% por baja energía ( $n=9$ ). Concomitantemente se observó en 3 pacientes: 1 caso de fractura de radio distal contralateral que se trató satisfactoriamente de forma ortopédica, 1 caso de fractura de húmero proximal homolateral tratada con RAFI satisfactoriamente y 1 caso de fractura de cabeza radial y base de 5º metacarpiano homolateral tratado de forma ortopédica con buen resultado. No hubo casos de pacientes con fracturas abiertas. En el 30% de los casos ( $n=6$ ), se indicó el tratamiento

quirúrgico luego de fracaso con otros tratamientos (5 casos de reducción cerrada y colocación de vendaje enyesado y 1 caso de tratamiento quirúrgico con agujas de Kirschner y vendaje enyesado).

En cuanto a la técnica quirúrgica, en dos casos se precisó utilizar injerto óseo homólogo de banco. No se protocolizó la liberación del nervio mediano de forma profiláctica, que se realizó en 5 casos (25%), según el criterio del cirujano, aunque no se registraron casos con clínica de compresión de nervio mediano.

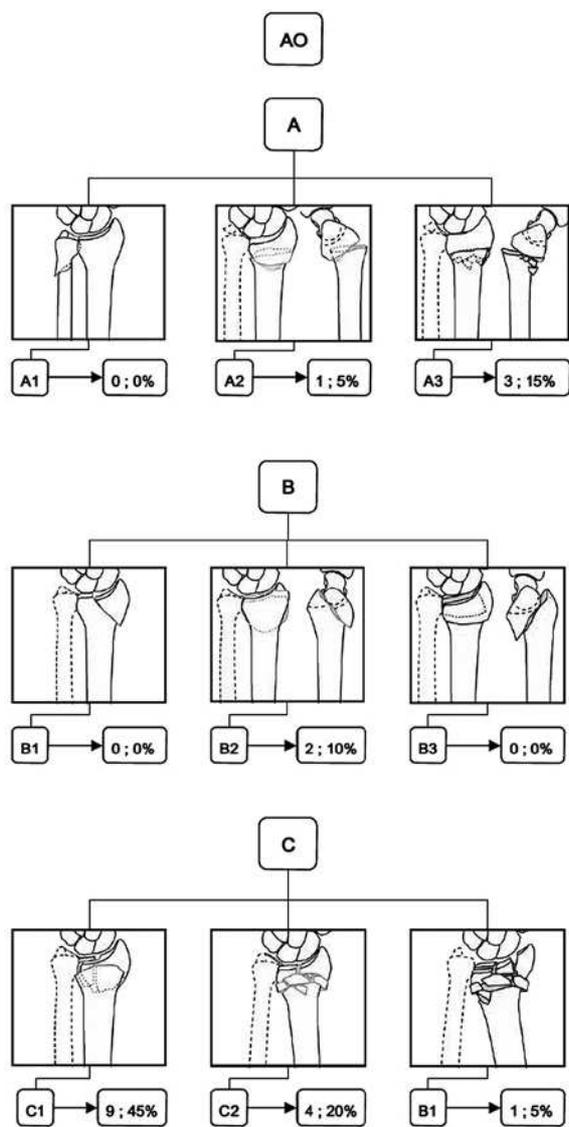


Figura 1: número y porcentaje de casos agrupados según la clasificación AO.

Se mantuvo inmovilización con férula de yeso durante las 3 semanas postoperatorias en el 30% de los pacientes (n=6), a criterio del cirujano, con el objetivo de evitar posiciones antiálgicas y retracciones viciosas de cicatriz.

Se constató la consolidación de la fractura en todos los casos (Fig. 2). En evaluación radiológica se obtuvo un promedio de angulación volar de la carilla articular de 5° (rango de -5° a 18°), inclinación radial de 19° (rango de 15° a 25°), altura radial de 10,5mm (rango de 7mm a 12,5mm), varianza cubital de -1mm (rango de 2 a -3,5mm). Excepto en un caso que evidenció un acortamiento radial de 3mm, en los restantes no se constató pérdida de la reducción ni desplazamiento de las fracturas en las radiografías tomadas durante las consultas de seguimiento, como así tampoco se encontró ningún evento en relación al montaje del implante (Ej.: rotura o pérdida de angulación de los tornillos de bloqueo).

La valoración clínica arrojó un promedio de flexión dorsal de 75° (rango de 50° a 90°), flexión palmar de 70° (rango de 50° a 80°), supinación de 75° (rango de 65° a 80°), pronación de 73° (rango de 70° a 75°),



Figura 2: Radiografía de casos 1 y 2 mostrando una fractura de radio distal (A) y su consolidación con la utilización de la placa 2.4 Variable-Angle LCP Two Column Volar Plate (Synthes, Oberdorf, Suiza) (B).

desviación cubital de 20° (rango de 10° a 30°), desviación radial de 18° (rango de 12 a 22°) (Fig. 3). Los resultados del cuestionario DASH mostraron un promedio de 17,8±13,5 (rango de 0,8 a 50,2). En cuanto a la valoración realizada con MWS se encontró una media de 82,7±13,4, con excelentes y buenos resultados en el 75% de los casos (n=15), satisfactorios en el 20% (n=4) y pobres en el 5% (n=1).

No se registraron complicaciones en el postoperatorio inmediato o mediato. Durante el seguimiento se encontraron dos casos con complicaciones (10%): un caso de síndrome de dolor regional complejo (algodistrofia) que mejoró con terapia física y calcitonina, estando asintomático al final del seguimiento; además en otro paciente se registró una tendinitis de tendones extensores que se atribuyó a la protrusión en la cara dorsal del radio distal de uno de los tornillos de bloqueo.

De acuerdo a la pequeña cantidad de la muestra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando se relacionaron los resultados funcionales con variables como tipo de fractura, mecanismo de la misma, la inmovilización, la liberación del túnel del carpo, complicaciones, edad y sexo. Sin embargo para variables con distribución más homogénea como la edad y el sexo, se identificaron dos tendencias: los pacientes menores de 55 años presentaban mejores resultados



Figura 3: detalle sobre la funcionalidad de un paciente y su resultado radiográfico.

de DASH y MWS (Tabla 1) y los pacientes de género masculino mostraron puntaje de DASH y MWS mayor que los de género femenino (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

**Evolución del tratamiento de las fracturas de radio distal.** Abraham Colles se refería en este sentido a la evolución de las fracturas de radio distal argumentando

Tabla 1

	Hombres	Mujeres	Valor de p
<b>DASH</b>	12,2±6,6	23,3±16,5	0,075
<b>Mayo Wrist Score</b>	86,2±5,8	82,3±12,2	0,474

Resultados de DASH y Mayo Wrist Score para cada género. Valores estadísticos según prueba de Mann-Whitney.

Tabla 2

	< 55 años	> 55 años	Valor de p
<b>DASH</b>	13,3±7,8	24,4±17,7	0,217
<b>Mayo Wrist Score</b>	86,9±9,5	80,7±7,5	0,113

Resultados de DASH y Mayo Wrist Score para cada grupo de edad. Valores estadísticos según prueba de Mann-Whitney.

que “la deformidad permanecerá de por vida, pero queda el consuelo de que, en algún período remoto de tiempo, el miembro podrá disfrutar de una perfecta libertad de los movimientos, exento de dolor”<sup>(1)</sup>. A favor de esto, hasta ahora no se ha demostrado claramente que los signos degenerativos secundarios fracturas se asocian a disminución en la capacidad funcional o valoraciones subjetivas más bajas. Forward et al revisaron 106 pacientes que sufrieron una fractura antes de los 40 años de edad, tratados de forma ortopédica, encontrando hasta un 68% de pacientes con signos radiológicos degenerativos. En estos pacientes no se practicó una cirugía correctiva y los índices de DASH no se diferenciaron de la normalidad poblacional<sup>(10)</sup>. Arora et al randomizaron pacientes de edad avanzada a los cuales se había realizado una reducción cerrada e inmovilización que fracasó, en un grupo RAFI con placa volar y otro grupo tratado de forma no quirúrgica. No obtuvieron diferencias en cuanto a dolor, movilidad y valoraciones de escalas subjetivas a partir del año de evolución, aunque se observaron mejores resultados radiológicos en los tratados de forma quirúrgica<sup>(11)</sup>. En un estudio similar, Egol et al, encontraron resultados semejantes en pacientes mayores de 65 años<sup>(12)</sup>.

A pesar de los argumentos a favor del tratamiento conservador existe una tendencia en las últimas décadas de aumentar la indicación quirúrgica de las fracturas de radio distal. Así por ejemplo, Chung et al observan un aumento de la indicación de osteosíntesis abierta en pacientes de edad avanzada de Norteamérica, del 3% de las fracturas en 1996 al 16% en 2005<sup>(13)</sup>. Creemos que este aumento se debe a varios factores. Por una parte, la popularización de la vía volar a través del FCR y la evolución de los implantes por vía volar, se han propuesto como factores que mejoran la reducción anatómica de las fracturas, otorgando al paciente un postoperatorio más satisfactorio con inicio precoz de la movilidad y mínimas complicaciones. Por otra parte, el tratamiento con reducción cerrada e inmovilización con vendajes enyesados o materiales que lo suplen no siempre logran la reducción anatómica de la fractura, conduciendo a consolidación viciosa en hasta un 50% de los casos<sup>(14, 15, 16)</sup>. Además este tratamiento se debe mantener al menos

entre 4 y 6 semanas, lo que en muchos casos conduce a complicaciones secundarias como rigidez, síndrome de dolor regional complejo u osteopenia por desuso.

Teniendo en cuenta lo anterior, ¿cuándo indicaríamos una RAFI? La mayoría de los autores prefieren este tratamiento para pacientes con jóvenes con fracturas inestables, fracturas impactadas de la superficie articular (die punch), escalón articular mayor a 2 mm, que no pueden ser controlados con reducción cerrada<sup>(17)</sup>. La osteosíntesis por vía volar es la más utilizada. No debe ser retirada, salvo raras excepciones, y no se relaciona con lesión de tendones extensores<sup>(4)</sup>.

**Placas volares de ángulo variable.** Actualmente una de las opciones para la fijación interna en estas fracturas son las placas de ángulo variable. Son desarrolladas como una evolución de las placas volares de ángulo fijo, a las cuales aventajarían teóricamente permitiendo orientar los tornillos para adaptarse a las variantes de la fractura y la fijación de fragmentos específicos, evitando la penetración articular y la colocación muy distal de la placa, sobrepasando la “línea divisoria o a dos aguas” (watershed en la literatura anglosajona) que se asocia a lesiones en tendones flexores (más precisamente del flexor largo del pulgar)<sup>(18, 19)</sup>. Todo eso, sin perder la estabilidad angular que confieren las placas bloqueadas.

Uno de los implantes de ángulo variable más estudiados ha sido la placa Aptus de Medartis. Los autores de trabajos que utilizan este implante concluyen que permite una reducción anatómica, con baja tasa de complicaciones y pérdida de la reducción secundaria<sup>(20, 21, 22, 23)</sup>. Wong et al reportan buenos o excelentes resultados en 32 de sus 35 pacientes incluidos en su estudio prospectivo en el que se intervinieron mediante el sistema Variax de Stryker 24. Phadnis et al realizan uno de los estudios de fracturas de radio distal, tratadas con implante de ángulo variable, con mayor cantidad de pacientes y seguimiento más largo (180 pacientes con una media de 30 meses), mostrando buenos y excelentes resultados en el 75% de los casos, satisfactorios en el 15% y malos en el 6%. Además, aunque no encontraron diferencias estadísticamente significativas, se observaron tendencias a mejores resultados en hombres<sup>(25)</sup>. Estos hallazgos son similares a los observados en nuestro estudio.

### **Placas de ángulo variable vs Placas de ángulo fijo.**

Desde el punto de vista biomecánico, a diferencia de las placas de bloqueo de ángulo fijo que ya han sido suficientemente estudiadas, existe poca literatura por el momento que exponga resultados de las placas de ángulo variable. Estudios biomecánicos de resistencia en distintas placas muestran una gran variabilidad ya que, dependiendo del implante, podría disminuir su resistencia de acuerdo al aumento del ángulo de bloqueo<sup>(26)</sup>. En un estudio biomecánico que compara la placa 2.4 Variable-Angle LCP Two Column Volar Plate de Synthes con otros sistemas, no encuentra diferencias en la resistencia con un ángulo del tornillo de bloqueo de 10°<sup>(27)</sup>.

Rausch et al, utilizando modelos de fractura de cadáver humano, demuestra la mayor resistencia y mejor adaptación sobre cargas cíclicas de la placa 2.4 Variable-Angle LCP Two Column Volar Plate de Synthes, con respecto a su par de ángulo fijo (Volar Distal Radius Plate LCP 2.4, Synthes)<sup>(28)</sup>.

No existen actualmente muchos estudios que comparen los resultados entre uno y otro implante. Hakimi et al publican resultados similares tanto clínicos como radiológicos en pacientes tratados con implantes de ángulo variable (Variax de Stryker), como de ángulo fijo en un seguimiento a 12 meses<sup>(29)</sup>. Vleck et al realizan un estudio comparativo de seguimiento a 12 meses en pacientes intervenidos con implante de ángulo fijo (Volar Distal Radius Plate LCP 2.4 de Synthes) y ángulo

variable (Aptus de Medartis) concluyendo que presentan resultados radiográficos y funcionales similares<sup>(30)</sup>. La literatura describe mayor exposición radiológica durante la técnica de ángulo variable<sup>(29)</sup>. En otro estudio, Marlow et al encuentran resultados similares comparando la placa Aptus de Medartis con la placa de ángulo fijo DVR de DePuy<sup>(31)</sup>. En estos estudios se menciona la superioridad teórica del implante ángulo variable por su flexibilidad a la hora de la fijación, sin embargo no ha sido demostrado clínica o radiológicamente, aun comparando el implante en el mismo tipo de fractura. Incluso cuando se mencionan complicaciones, no se han evidenciado diferencias.

### **CONCLUSIÓN**

Nuestra experiencia con la placa 2.4 Variable-Angle LCP Two Column Volar Plate de Synthes ha arrojado buenos resultados tanto funcionales como radiológicos, con una mínima tasa de complicaciones, similares a los encontrados en estudios con implantes de la misma generación. Dada su reciente introducción en nuestro medio hospitalario, estudios con mayor número de pacientes deberían verificar los buenos resultados. Creemos que se deben realizar estudios randomizados con mayores series de pacientes y análisis de costo-efectividad, comparando implantes de ángulo fijo y variable, para justificar su uso.

### **Nivel de Evidencia IV**

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Colles A. On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Edinb Med Surg J.* 1914;10:181.
2. Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB. Factors affecting functional outcome of displaced intra-articular distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 1994;19(2):325-40.
3. Arora R, Gabl M, Gschwentner M, et al. A comparative study of clinical and radiologic outcomes of unstable colles type distal radius fractures in patients older than 70 years: nonoperative treatment versus volar locking plating. *J Orthop Trauma* 2009;23(4):237-42.
4. Orbay J, Touhami A. Current concepts in volar fixed-angle fixation of unstable distal radius fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 445:58-67.

5. Downing ND, Karantana A. A revolution in the management of fractures of the distal radius? *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(10):1271-5.
6. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med* 1996;29:602-8.
7. Hervás T, Navarro-Collado MJ, Peiró S, Rodrigo-Pérez JL et al. Versión española del cuestionario DASH. Adaptación transcultural, fiabilidad, validez y sensibilidad de los cambios. *Med Clin* 2006;127:441-7.
8. Cáceres-Palou E, López-Prats F, Mesa-Ramos M et al. Valoración de resultados en Cirugía Ortopédica y Traumatología. *Rev Ortop Traumatol.* 2005;49:119-42.
9. Souer JS, Lozano-Calderon SA, Ring D: Predictors of wrist function and health status after operative treatment of fractures of the distal radius. *J Hand Surg Am* 2008, 33(2):157-163.
10. Forward DP, Davis TR, Sithole JS. Do young patients with malunited fractures of the distal radius inevitably develop symptomatic post-traumatic osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90(5):629–37.
11. Arora R, Lutz M, Deml C et al. A prospective randomized trial comparing nonoperative treatment with volar locking plate fixation for displaced and unstable distal radial fractures in patients sixty-five years of age and older. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:2146–53.
12. Egol KA, Walsh M, Romo-Cardoso S et al. Distal radial fractures in the elderly: operative compared with nonoperative treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(9):1851–7.
13. 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* 2009;91:1868–73.
14. Orbay JL, Fernández DL. Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. *J Hand Surg (Am).* 2004;29:96-102.
15. Mackenney PJ, McQueen MM, Elton R. Prediction of instability in distal radius fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1944-51.
16. Strange-Vognsen HH. Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. A 16 (2-26) year follow-up of 42 patients. *Acta Orthop Scand.* 1991; 62:527-30.
17. Bales JG, Stern PJ. Treatment strategies of distal radius fractures. *Hand Clin.* 2012;28:177–184.
18. Soong M, Earp BE, Bishop G, et al. Volar locking plate implant prominence and flexor tendon rupture. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(4):328–35.
19. Tanaka Y, Aoki M, Izumi T, et al. Effect of distal radius volar plate position on contact pressure between the flexor pollicis longus tendon and the distal plate edge. *J Hand Surg* 2011;36:1790–7.
20. Mehling I, Meier M, Schlör U et al. Multidirectional palmar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007;39(1): 29–33.
21. Vlcek M, Visna P. Six-month functional and X-ray outcomes of distal radius fractures managed using multidirectional locking plates. *Rozhl Chir* 2008; 87(9):486–92.
22. Figl M, Weninger P, Liska M, et al. Volar fixed-angle plate osteosynthesis of unstable distal radius fractures: 12-months results. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:661–9.
23. Park JH, Hagopian J, Ilyas AM. Variable-angle locking screw volar plating of distal radius fractures. *Hand Clin.* 2010 Aug;26(3):373-80.
24. Wong TC, Yeung CC, Chiu Y, et al. Palmar fixation of dorsally displaced distal radius fractures using locking plates with Smartlock locking screws. *J Hand Surg Eur Vol* 2009;34(2):173–8.
25. Phadnis J, Trompeter A, Gallagher K et al. Mid-term functional outcome after the internal fixation of distal radius fractures. *J Orthop Surg Res.* 2012;26:7:4.

26. Hoffmeier KL, Hofmann GO, Mückley T. The strength of polyaxial locking interfaces of distal radius plates. *Clin Biomech* 2009;24(8):637–41.
27. Rausch S, Hoffmeier K, Gueorguiev BG et al. Comparative study on the strength of different mechanisms of operation of multidirectionally angle-stable distal radius plates. *Z Orthop Unfall*. 2011; 149(6):694-8.
28. Rausch S, Klos K, Stephan H et al. Evaluation of a polyaxial angle-stable volar plate in a distal radius C-fracture model--a biomechanical study. *Injury*. 2011;42(11):1248-52.
29. Hakimi M, Jungbluth P, Gehrman S et al. Unidirectional versus multidirectional palmar locking osteosynthesis of unstable distal radius fractures: comparative analysis with LDR 2.4 mm versus 2.7 mm matrix-smartlock. *Unfallchirurgie* 2010; 113(3):210–6.
30. Vlcek, M, Landor, I, Visna, P. Multidirectional screw fixation in the treatment of distal radius fractures using angle-stable plates *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2011;78(1):27-33.
31. Marlow WJ, Singhal R, Dheerendra S et al. Distal radius volar locking plates: Does a variable angle locking system confer a clinical advantage? *Acta Orthop. Belg.*, 2012, 78, 309-316.