



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Proyecciones radiológicas de muñeca para visualizar
adecuadamente la superficie articular del radio en
fracturas de radio distal
“de acuerdo a ángulos hallados mediante modelos
virtuales 3D”**

Rodrigo Alberto Penagos López

Código: 598453

Trabajo presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Ortopedia y Traumatología

Directores:

Dr. Enrique Vergara Amador

Dr. Edgar Pinilla Pabón

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Especialidad Ortopedia y Traumatología
Bogotá, D.C.
2012

Resumen

La fractura del radio distal es una patología frecuente que muchas veces requiere tratamiento quirúrgico. Este puede realizarse con placas y tornillos, en donde es importante visualizar la adecuada posición del material de osteosíntesis. Se necesita tener unas proyecciones radiológicas que permitan ver adecuadamente la superficie articular sin interposición de estructuras para tener plena seguridad de la posición de los tornillos extraarticulares, para lo cual se propone una nueva proyección radiológica.

Método: De acuerdo a un análisis computacional previo en un modelo 3d del radio distal para analizar individualmente las carillas semilunares y escafoidea, ver posición y grados de inclinación en los planos lateral y anteroposterior, se realizó un estudio tipo serie de casos y se evaluó de manera cualitativa los hallazgos obtenidos en las radiografías del radio distal con cuñas de 7 y 22 grados en la radiografía lateral y cuña de 11 grados en la radiografía anteroposterior.

Resultados: se evaluaron 10 radiografías de radio distal en voluntarios sanos sin antecedentes de compromiso de la articulación radiocubital distal y 4 pacientes con fractura de radio distal que requirieron manejo quirúrgico con osteosíntesis.

Discusión: el lograr buenas radiografías intraoperatorias es la clave para poder determinar los resultados adecuados de una osteosíntesis realizada en una fractura de radio distal; en este estudio se observa, en la radiografía lateral a 7 grados la posición de los tornillos ubicados en la carilla semilunar del radio, en la radiografía lateral a 22 grados se observa completamente paralelos los tornillos ubicados en la parte más distal de la placa y nos permite de una manera objetiva valorar la adecuada posición extraarticular y por ultimo en la radiografía anteroposterior a 11 grados nos permite ver una proyección con menor superposición de imágenes.

Palabras claves: radiografías, placas bloqueadas palmares, tornillos, fracturas del radio distal.

Abstract

The distal radius fracture is a common condition that often requires surgical treatment. This can be done with plates and screws, where it is important to visualize the proper position of the osteosynthesis material. As a consequence, it is extremely important to have radiographic projections that allow seeing the articular surface without interposition of structures in order to have full assurance of extraarticular screw positions, for which we propose a new radiological projection.

Method: According to a previous computational analysis in a 3D model of the distal radius to analyze individually the semilunar and scaphoid facet, and see the position and tilt degree in the lateral and anteroposterior, we conducted a case series study and evaluated qualitatively the

findings on radiographs of the distal radius with wedges of 7 and 22 degrees in the lateral projection and 11 degree wedge on the anteroposterior radiograph.

Results: We evaluated 10 radiographs of the distal radius in healthy volunteers with no history of injury of the distal radioulnar joint and 4 patients with distal radius fracture that required surgery with osteosynthesis.

Discussion: achieving good intraoperative radiographs is the key to determine the adequate position of the osteosynthesis material and proper results from a fixation on a distal radius fracture. This study shows, on the lateral radiograph at 7 degrees the position of the screws on the lunate facet of the radio, on the lateral radiograph at 22 degrees we observed completely parallel screws located in the distal part of the plate and allows us to objectively assess the appropriate extraarticular position, and finally on the anteroposterior radiograph at 11 degrees we were able to see a projection with less superposition of images.

Key words: Radiograph, Volar locking plates, screws, distal radius fracture.

Introducción

La fractura de radio distal es una entidad que progresivamente va en aumento. En un estudio epidemiológico multicéntrico prospectivo, se determinó que la incidencia de fracturas de radio distal es de 36.8/10.000 año en mujeres y de 9/10.000 año en hombres los cuales eran mayores de 35 años⁽¹⁾, en el mismo estudio se reporta una prevalencia de fracturas de radio distal en un periodo comprendido entre 1986 hasta 1990 de 15.000 fracturas^(2,3); Otros estudios demuestran que las Fracturas de radio distal presentan un patrón de aparición etario bimodal, es decir, en el primer grupo son pacientes jóvenes que presentan en su mayoría trauma de alta energía y fracturas de radio distal con compromiso intraarticular severo, el otro grupo etario eran pacientes ancianos que además de las fracturas por trauma de alta energía, presenta otro tipo de fracturas a consecuencia de una insuficiencia ósea⁽⁴⁾.

Con el aumento de la expectativa de vida, se aumenta también la población adulta mayor; los cálculos del Banco Mundial en el año 2006 reporta que la población mayor de 65 años era del 6%, en dicho estudio se proyectó que para el 2025, las personas mayores de 65 años serán más del 15%⁽⁵⁾ del total de la población actual, con base en este estudio podríamos inferir que más personas mayores de 60 años continuarán con una vida laboral activa y productiva, aumentando el en el riesgo de presentar más fracturas de radio distal.

En las fracturas intraarticulares, el objetivo es lograr una adecuada reducción de la superficie articular, en el 91% de las fracturas de radio distal que no se logra una reducción congruente desarrollaron artrosis⁽⁶⁾. Teniendo en cuenta el estudio anterior, el tratamiento adecuado de las fracturas de radio distal complejas, se debe realizar con reducción abierta y fijación interna con placas dorsales o palmares y tornillos^(7, 8, 9,10). En el manejo de estas fracturas se ha demostrado que los tornillos se deben colocar lo más distal posible para que sirvan de sostén al hueso subcondral para prevenir el colapso articular, dichos tornillos o bulones deben quedar extraarticulares, porque de no ser así, el material de osteosíntesis intraarticulares trae problemas futuros como es daño del cartílago articular de los huesos del carpo en contacto, que trae consigo dolor y la artrosis pos trauma,^(10, 11,12). Teniendo en cuenta lo anterior, para una adecuada valoración de este material de osteosíntesis se hace necesario tener adecuadas radiografías las cuales se toman en salas de cirugía y permiten verificar la posición de los tornillos. Con el intensificador de imágenes en salas de cirugía se toman proyecciones anteroposterior y laterales, pero muchas veces no se puede saber con certeza si los tornillos se encuentran en adecuada posición debido a la superposición de imágenes.^(11,12)

Las radiografías postoperatorias estándar que de rutina se emplean son la posteroanterior y lateral que se toman perpendiculares al eje del hueso; muchas veces se encuentran problemas en la interpretación de estas imágenes dado que la superficie articular del radio distal es bicóncava y biplanar⁽¹³⁾, que no permite una evaluación precisa de los tornillos para identificar si se encuentran o no intraarticulares. Se han hecho esfuerzos para depurar y optimizar los hallazgos en las radiografías del radio distal, utilizando cuñas que elevan el antebrazo y la muñeca, por ejemplo en la radiografía anteroposterior se han propuesto estudios anatómicos donde el radio distal se eleva 11 grados y se observa imágenes con menos superposición de estructuras lo cual hace más precisa la valoración del material de osteosíntesis. Igual inconveniente, se encuentra con la radiografía lateral del radio, donde se observa superposición del cubito con el radio distal y algunos huesos del carpo que dificulta la interpretación de dichas radiografías. Para esto se han

realizado estudios^(12,14,15,16,17), donde se evaluaron las proyecciones laterales con inclinaciones guiados por hallazgos radiográficos previos, con ángulos entre 22 y 23 grados, que teóricamente permite valorar adecuadamente la carilla articular y con menor interposición ósea.

Analizando las carillas del semilunar y del escafoides en el radio distal se puede observar que presentan una orientación diferente cada una, por lo cual se realizó un estudio previo con la ayuda del servicio de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional de Colombia, mediante modelos computacionales desarrollando imágenes virtuales 3D el cual mostró que la inclinación de las carillas articular del radio distal del escafoides y del semilunar en el plano lateral era de 22 y 7 grados respectivamente, y de 11 grados en el plano anteroposterior. De acuerdo a este estudio⁽¹³⁾, se desarrollo este estudio clínico donde se diseñaron una serie de cuñas para tomar 2 radiografías laterales a 7 y 22 grados (para identificar mejor las carillas del semilunar y del escafoides) y una cuña de 11 grados para valorar el plano anteroposterior, y observar en individuos sanos las imágenes que se obtiene al utilizar dichas dichas cuñas y compararlas con pacientes con fracturas de radio distal manejadas con placas y tornillos, ver las relaciones articulares y además, la posición del material de osteosíntesis y poder determinar si realmente sirven para ver mejor las superficies articulares y ayudar a interpretar la posición del material de osteosíntesis.

Materiales y métodos

En la primera fase de la investigación, se desarrollo un estudio descriptivo tipo serie de casos que utilizó reconstrucción virtuales de la articulación de radio distal en modelos 3D a partir de tomografías axiales computarizadas de radio distal para determinar los ángulos de la carilla escafoidea y semilunar. Luego en esta segunda fase se hace una correlación clínico radiológica evaluando voluntarios sanos sin alteraciones del radio distal y pacientes con fracturas de radio distal en los que se requirió para el manejo osteosíntesis con placas y tornillos.

Fueron 14 pacientes evaluados entre Septiembre del 2011 y Octubre del 2012. En la fase inicial se trabajó en conjunto con el servicio de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional de Colombia, mediante herramientas computacionales, se determina con mayor exactitud la orientación de la superficie en el sistema cartesiano X, Y, Z que se obtiene desde Mimics (programa computacional) que importa archivos STL del tipo ASCII (fig. 1). Los archivos STL se emplean debido a que estos describen la geometría de una superficie de un objeto tridimensional empleando una malla de triángulos, definiendo el vector normal (perpendicular al plano) de cada uno en dirección exterior al objeto y ordenando sus vértices de acuerdo con la regla de la mano derecha (Figura 2) La estructura de un archivo STL tipo ASCII, inicia con la enunciación del sólido, luego precisa cada elemento con su vector normal y con las coordenadas de cada uno de sus vértices, tal como se muestra en la Figura 3. La selección de los elementos con el archivo en formato STL, se identifica el número de triángulos y vértices (nodos) que posee el modelo del hueso, así como de sus conectividades y su ubicación respecto a un sistema cartesiano. Lo anterior permite identificar cuáles son los elementos (triángulos) cuyo vector normal tenga positiva la componente en el eje longitudinal (eje, componente). A su vez, de estos elementos se seleccionan aquellos que se encuentren en el 10% más distal del hueso; esto se realiza para evitar escoger elementos por debajo de la cabeza articular, que estén orientados positivamente en el eje. Los elementos que se obtienen pertenecen a la superficie articular del radio (Figura 4). Luego de determinar los elementos ubicados en la superficie, se diferencian entre aquellos que se encuentran en el área que articula con el hueso escafoides y los del área que articula con el semilunar, para lo cual se tomó como referencia la componente de los vectores normales en el eje

(componente en dirección). Si el valor absoluto de este es menor o igual a 0,25, el elemento pertenece a la cara que articula con el hueso semilunar (color verde en la Figura 5).

Con los resultados del análisis computacional se determina que la inclinación de la carilla del escafoides es de 22 grados y la carilla semilunar es de 7 grados en la proyección lateral y de 11 grados en el plano anteroposterior por lo cual se diseñan tres cuñas de 7, 11 y 22 grados de angulación para tomar las respectivas radiografías.

Se tomaron radiografías del radio distal utilizando las 3 cuñas, dos en las proyecciones laterales, una a 7 grados para individualizar la carilla del semilunar y la segunda a 22 grados para visualizar la carilla del escafoides; la radiografía anteroposterior se tomo a 11 grados para ver de filo los bordes palmar y dorsal superpuesto como una sola imagen. Dichas radiografías se tomaron a 10 voluntarios sanos y a 4 pacientes con fractura de radio distal que requirieron manejo con placas y tornillos.

Este estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia.

Resultados

En el método computacional, se encontró que el vector normal a la cara de la superficie articular, que está en contacto con el hueso escafoides (de color azul), tiene un ángulo de $21,7425^\circ$. Por otra parte, para la cara de la superficie que articula con el hueso semilunar (de color verde), el vector normal tiene un ángulo de $6,9353^\circ$.

Al considerar la superficie articular en su totalidad, es decir sin hacer distinción entre las áreas que articulan con los huesos escafoides y semilunar (inclinación que se asemeja a la que se intenta obtener en otras metodologías observadas), el ángulo obtenido respecto al plano fue de $13,2584^\circ$.

Se realizaron 10 radiografías a voluntarios sanos utilizando las dos cuñas laterales de 7 y 22 grados y se realizó un análisis cualitativo de la superficie articular del radio distal logrando individualizar las carillas del radio distal que se articulan con los huesos semilunar y escafoides, observando imágenes con menor superposición de estructuras en la radiografía de 22 grados tanto en los voluntarios sanos y como en los pacientes con fracturas de radio distal. (fig6); en la radiografía lateral a 7 grados se logra ver adecuadamente la posición de los tornillos más cubitales que no se pasen a la carilla semilunar observando en la parte superior de dichos tornillos aumento de la densidad por superposición de imágenes, esto nos permite valorar con precisión tornillos que no queden intraarticular en la carilla del semilunar en el radio

En los pacientes que fueron llevados a cirugía se observa adecuada posición extraarticular del material de osteosíntesis diferenciando los tornillos más mediales de la carilla semilunar y los más laterales de la carilla escafoidea, en la radiografía lateral a 22 grados se observa completamente paralelos y extrarticulares los tornillos distales cuando se hace osteosíntesis del radio distal

Discusión

En el manejo de las fracturas de radio distal con compromiso intraarticular se utilizan placas y tornillos para lograr una reducción adecuada y una movilización temprana (10). Para prevenir el colapso de la superficie articular, los tornillos se deben poner lo más subcondral posible(10), existiendo el riesgo de que estos se dirijan intraarticular, con todas las consecuencias negativas que acarrea la presencia de ellos en la articulación; por lo cual se hace necesario verificar la

posición de los tornillos a través de una radiografía intraoperatoria o en intensificador de imágenes. En el momento se toman radiografías anteroposterior y lateral estándar, las cuales presentan problemas en la interpretación, debido a la interposición de imágenes donde no se define con claridad la real posición de los tornillos. Estudios anatómicos previos determinaron, que la inclinación de la carilla articular del radio es de 11 grados en el plano anteroposterior y de 23 grados en el plano lateral. Boyer ⁽¹²⁾ y colaboradores se basaron en este criterio para tomar radiografías inclinadas con estos ángulos y observaron que en ambas proyecciones se disminuía notablemente la interposición de imágenes facilitando la interpretación de las superficies articulares. Con relación a la radiografía lateral, Douglas⁽¹⁹⁾ y colaboradores diseñaron un estudio donde utilizaron la inclinación anatómica del radio a 22 grados e hicieron una serie de osteotomías en la carilla del semilunar del radio distal simulando una depresión de esta carilla articular, encontrando que cuando se toma la radiografía lateral a 22 grados se magnifica el desplazamiento de la depresión de dicha carilla facilitando su interpretación, contrario a lo que se observa en la radiografía lateral estándar. En cuanto a la radiografía lateral no hay reportes en la literatura de estudios que ayuden a mejorar la interpretación y diferenciación con esta proyección radiológica entre la carilla articular del escafoides y la del semilunar. A partir de estos conocimientos se desarrollo una investigación previa, con el objetivo de determinar la inclinación de las carilla articulares escafoidea y semilunar, en donde se encontró que la carilla articular del semilunar se inclina 7 grados mientras que la carilla del escafoides se inclina 22 grados en la proyección lateral. En el presente estudio se observó que las proyecciones laterales a 7 y 22º permiten visualizar bien los espacios radioescafoideo y radiosemilunar, lo cual ayuda a valorar mejor la posición de los tornillos en una fractura de radio distal reducida con placas y tornillos. De acuerdo a estos hallazgos recomendamos tomar estas tres proyecciones al analizar una fractura de radio distal.

FIGURAS:

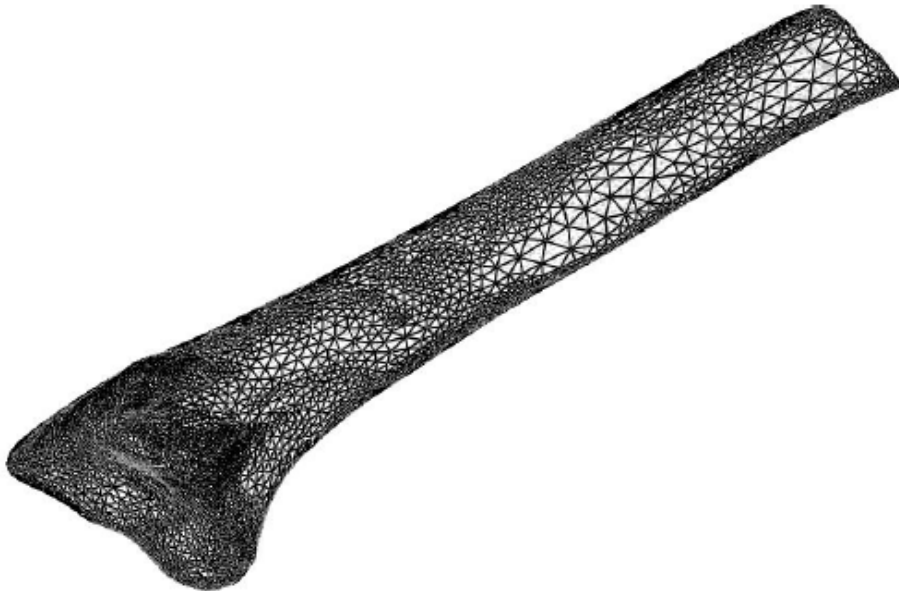


FIGURA 1 Visualización del radio como un archivo STL

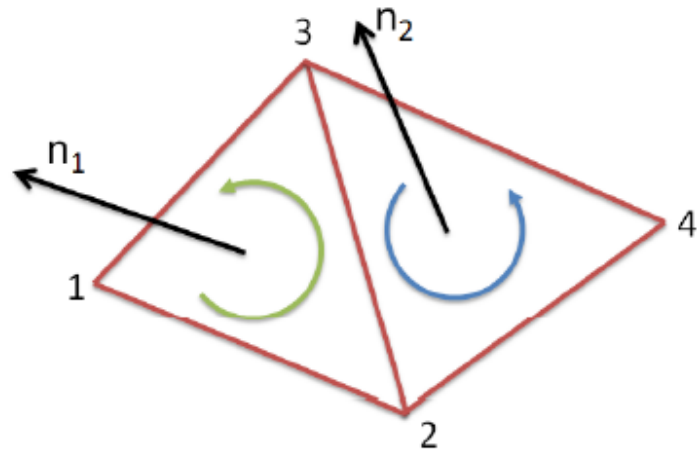


FIGURA 2: descripción del archivo STL

```

Solid
:
facet normal n1 n2 n3k
outer loop
Vertex 1x 1y 1z
vertex 2x 2y 2z
vertex 3x 3y 3z
endloop
Endfacet

facet normal n2 n2 n2k
outer loop
Vertex 3x 3y 3z
vertex 2x 2y 2z
vertex 4x 4y 4z
endloop
Endfacet
:
End solid

```

FIGURA 3: Formato de un archivo STL del tipo ASCII, donde se describen las dos caras de la Figura 2

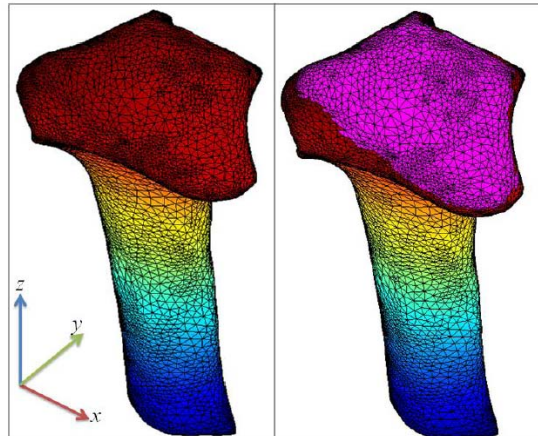


FIGURA 4: En la derecha se observan los elementos seleccionados que se encuentran en la superficie articular, color magenta.

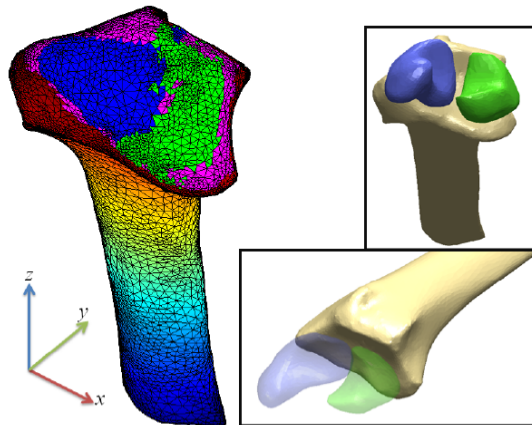


FIGURA 5: En azul se muestra la superficie articular que está en contacto con el hueso escafoides y en verde la que articula con el semilunar



FIGURA 6: radiografía lateral a 22 grados donde se observa tornillos distales completamente paralelos y extraarticulares



FIGURA 7: radiografía lateral a 7 grados donde se observa tornillos distales cubitales inferiores a imagen esclerosa que nos indican que los tornillos se encuentran extraarticulares en la carilla del semilunar

Bibliografía

1. Barrett JA, Baron JA, Karagas MR, Beach ML. Fracture risk in the U.S. Medicare population. *J Clin Epidemiol.* 1999;52:243-9.
2. Chen N, Jupiter J. Management of Distal Radial Fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2051-2062
3. O'Neill TW, Cooper C, Finn JD, Lunt M, Purdie D, Reid DM, Rowe R, Woolf AD, Wallace WA; UK Colles' Fracture Study Group. Incidence of distal forearm fracture in British men and women. *Osteoporos Int.* 2001;12:555-8.
4. Penagos R, Pinilla X, Gonzalez D, Pinilla E. Fractura de radio distal asociada a fragilidad ósea como manifestación clínica del hiperparatiroidismo primario: Reporte de caso. *Rev Col Or Tra* 2012; 26(3): 185-92.
5. The World Bank group. Reseña sobre colombia. *Advances en el desarrollo* disponible <http://web.worldbank.org>. Acceso el 12 de feb de 2006
6. Ark J, Jupiter JB. The rationale for precise management of distal radius fractures *Orthop Clin North Am* 1993;24: 205–210.
7. Zanetti M, Gilula LA, Jacob HAC, Hodler J. Palmar Tilt of the Distal Radius: Influence of Off-lateral Projections - Initial Observations. *Radiology.* 2001;(220): p. 594-600.
8. Abad JM, García de Lucas F, Delgadp PJ, Fuentes A. Clasificación de las fracturas de la extremidad distal del radio dentro del medio laboral. *Patología del Aparato Locomotor.* 2007; 5: p. 17-21.
9. Pancorbo Sandoval EA, Martín Tirado JC, Delgado Quiñones A, Henández Hernández J. Tratamiento de las fracturas del extremo distal del radio. *Revista Cubana de Ortopedia.* 2005; 19(2).
10. Alistair P, Cresswell T. Use of Articular Wrist Views to Assess Intra-Articular Screw Penetration in Surgical Fixation of Distal Radius Fractures . *J Hand Surg* 2010;35A:1015-1018.
11. Boyce BM, Ryu J. Radiographic Evaluation of the Distal Radius Using Two Novel Biplanar "Pitch-and-Roll" Views: A Preliminary Cadaveric Study. *Hand.* 2009 Apr; 4: p. 432-436.

12. Boyer MI, Koecek KJ, Gelberman RH, Gilula LA, Ditsios K, Evanoff B. Anatomic Tilt X-rays of the distal radius: An ex vivus analysis of surgical fixation. *The journal of hand surgery*. 2004; 29: p. 116-122.
13. Márquez K, et al. Método para el cálculo de las medidas angulares de la articulación del radio distal. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2012; 31(2):332-351
14. Andermahr J. The Volar Extensio of the Lunate Facet of the Distal Radius: A Quantitative anatomic study. *The Journal of Hand Surgery*. 2006; 31A:892-895.
15. Solgaard S. Angle of inclination of the articular surface of the distal radius. 1984; 24(7)
16. Schuind FA, Linscheid RL, An KN, Chao EY. A normal data base of posteroanterior roentgenographic measurements of the wrist. *J Bone Joint Surg Am* 1992;9:1418–1429.
17. Mann FA, Kang SW, Gilula LA. Normal palmar tilt: is dorsal tilting really normal? *J Hand Surg* 1992;3:315–317
18. Knirk JL, Jupiter JB. Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. *J Bone Joint Surg* 1986;68A:647–659.
19. Douglas W, et al. Tilted Lateral Radiographs in the Evaluation of Intra-articular Distal Radius Fractures