

Fracturas complejas del codo

Fernando Hiramuro Shoji,* Fernando S Valero González,**
M Iván Encalada Díaz***

RESUMEN

Las lesiones del codo secundarias a traumatismos de alta energía dan como resultado fracturas o fracturas luxaciones complejas del extremo distal del húmero, olecranon y cabeza radial. Representan un gran reto quirúrgico para el ortopedista, el cual debe de entender y conocer ampliamente la compleja anatomía de la región y debe de estar familiarizado con las lesiones más comúnmente asociadas para realizar un diagnóstico acertado y ser capaz de ofrecer el mejor resultado posible al paciente, independientemente de la magnitud de la lesión. Conociendo las nuevas tendencias en la fijación de las mismas y los nuevos implantes con los que se cuenta hoy en día, que pueden llegar a mejorar el pronóstico del paciente si se utiliza la técnica correcta y de manera adecuada. También es importante conocer que en los casos en los que no es posible la reconstrucción de la fractura, se podrá realizar una artroplastia total de codo cuando el paciente cumpla con los requisitos para este manejo que es demandante y requiere de experiencia para lograr buenos resultados.

Palabras clave: Fractura distal del húmero, luxación de codo, tríada terrible del codo, fractura de la cabeza del radio, fractura de la apófisis coronoideas, artroplastia total de codo.

SUMMARY

The elbow lesions due to high-energy trauma that leads to complex fractures of the distal humerus, olecranon and radial head, are a great surgical challenge for the orthopedic surgeon. Therefore the treating surgeon needs to understand and have a great knowledge of the really complex anatomy of the region, and be well acquainted with the commonly associated lesions to be able to perform an accurate diagnostic so he can offer the best possible outcome to the patient regardless of the severity of the lesion. Knowing the current trends in internal fixation and the development of new types of implants that have become widely available lately, we are able to improve the outcome of severe fractures if we utilize an adequate technique in the right manner. Also it is important to be aware that the total elbow arthroplasty is a good option when the reconstruction is not possible and is currently showing encouraging results when the patient is carefully selected, however this demanding procedure requires great expertise to achieve a good functional outcome.

Key words: Distal humerus fracture, elbow dislocation, terrible triad of the elbow, radial head fracture, coronoid fracture, total elbow arthroplasty.

-
- * Módulo de Miembro Torácico. Servicio de Ortopedia. Hospital Civil de Guadalajara «Fray Antonio Alcalde», Guadalajara, Jalisco.
 - ** Jefe del Servicio de Reconstrucción Articular Hombro y Codo (SRAHC). Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), México, D.F.
 - *** Médico adscrito. SRAHC. INR.

Dirección para correspondencia:

Dr. Fernando Hiramuro Shoji

Florencia 2440, Col Providencia, 44630, Guadalajara, Jalisco.

Correo electrónico: hiramuro@gmail.com.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/orthotips>

Cada vez con mayor frecuencia nos encontramos en los servicios de urgencias ante pacientes con lesiones más complejas producidas por lesiones de alta energía. Generalmente se trata de sujetos involucrados en accidentes automovilísticos tipo choque o volcadura, caídas de altura o, en algunos casos, la caída de su propia altura puede llegar a producir lesiones complejas en esta región anatómica. En el presente escrito dirigiremos nuestra atención a tres principales retos para el cirujano ortopedista: Las fracturas intrarticulares del húmero distal, la tríada terrible del codo y el remplazo articular del codo en situaciones donde la reconstrucción no es posible.

FRACTURAS DEL HÚMERO DISTAL

Las fracturas del extremo distal del húmero representan 0.5 a 7% de todas las fracturas y 30% de las fracturas del codo,¹ y hasta en 96% éstas son fracturas intrarticulares o tipo «C» de acuerdo con la clasificación de la AO.² La complejidad de la anatomía de la región: las dos columnas del húmero, las articulaciones radio-capitelar y la cúbito-humeral, dificultan la reducción y si tomamos en cuenta que, en la mayoría de los casos a los que nos enfrentamos, existe comminución de la zona metafisaria y de la superficie articular, puede llegar a representar un gran reto para el cirujano. Históricamente las fracturas del extremo distal del húmero han estado ligadas a resultados funcionales pobres y poco satisfactorios para los pacientes; sin embargo, en las dos últimas décadas, el avance en las técnicas quirúrgicas y el desarrollo de nuevos implantes han permitido obtener mejores resultados.³⁻⁶

En la valoración inicial de estos pacientes, para realizar el diagnóstico generalmente son suficientes una radiografía en proyección anteroposterior (AP) y una lateral de codo; la tomografía axial computarizada con reconstrucción en tercera dimensión mejora la visualización e identificación de los fragmentos y facilita la planificación preoperatoria.⁷ En casos donde las imágenes radiográficas sean confusas y no se cuente con un tomógrafo, las radiografías con tracción pueden ser de gran utilidad. Una vez realizado el diagnóstico, es necesario clasificar la fractura; la clasificación de la AO y la de la OTA (*Orthopedic Trauma Association*) son las más utilizadas.

El tratamiento de elección es la reducción abierta y la fijación interna, siempre y cuando ésta sea posible, valorando la condición de los tejidos blandos o si se trata de una fractura expuesta. La mayoría de las fracturas se pueden intervenir dentro de las primeras 48 a 72 horas después de la lesión; en el paciente que presente politraumatismo o alguna lesión que ponga en riesgo la vida, la inmovilización con férula será el manejo inicial y se podrá diferir la cirugía hasta después de la estabilización del enfermo.⁷ Algunos cirujanos prefieren realizar una fijación interna definitiva dentro de la segunda o tercera semana. Si las condiciones del paciente o de los tejidos blandos no permiten la fijación interna, se debe considerar la utilización de fijación externa, especialmente en fracturas expuestas, la cual puede dar buenos resultados de acuerdo a algunas series reportadas.^{8,9}

La decisión en el manejo y la fijación definitiva de la fractura debe basarse en la posibilidad de la reconstrucción, el tipo de fractura, la técnica quirúrgica y la experiencia del cirujano. Dado que la mayoría de estas fracturas involucran la superficie articular, la reducción anatómica de la misma no solamente es importante, sino que es imprescindible, por lo que es indispensable una adecuada exposición y visualización de la región durante el evento quirúrgico. Existen varios abordajes posteriores para la región distal del húmero, entre los más comúnmente utilizados están la osteotomía del olécranon, el tipo Bryan Morrey, el transtricipital y el paratricipital. La osteotomía del olécranon es el abordaje más utilizado y el que nos permite mayor exposición de la superficie articular, aproximadamente 60%, mayor que el Morrey y el Campbell con 46 y 35%, respectivamente.¹⁰ Por lo que la decisión del tipo de abordaje a utilizar debe basarse en lo familiarizado que esté el cirujano con cada uno de éstos y en el grado de lesión intrarticular; debido a que algunos abordajes seccionan el aparato extensor, hay autores que refieren tener un mejor resultado debido a que se puede iniciar de manera más temprana la rehabilitación. Sin embargo, en un estudio que compara los resultados funcionales con diferentes tipos de abordajes, no se encontró diferencia significativa.²

La principal meta al momento de realizar la osteosíntesis, además de la reconstrucción anatómica, es la de lograr una fijación lo suficientemente estable que permita la rehabilitación temprana del paciente para así reducir la rigidez y la disminución del rango de movimiento articular, que son complicaciones frecuentes y que, en algunos casos, están dadas por una inmovilización prolongada para proteger una osteosíntesis insuficiente, como podría ser, la de fijar la fractura con clavillos de Kirschner o clavos de Steinman que en algunos lugares sigue siendo una práctica común y que debería de descontinuarse. La fijación con dos placas ha sido ampliamente aceptada como el estándar de tratamiento en este tipo de fracturas de acuerdo con los lineamientos de la AO, que comprenden la fijación de los fragmentos articulares con tornillos y la estabilización de las dos columnas con placas a 90°.⁴ Sin embargo, también se reportan resultados no satisfactorios con la utilización de este método dado que, en algunos casos, la fijación de los fragmentos distales a la diáfisis no son suficientemente rígidos, por lo que es necesaria alguna inmovilización prolongada para proteger la osteosíntesis, y donde generalmente ocurre la falla es a nivel supracondíleo por la conminución de las columnas. Desde hace varios años se cuentan con placas anatómicas especialmente diseñadas que permiten la colocación paralela de las mismas de una manera más sencilla y que, en estudios de biomecánica, se ha demostrado que la configuración en paralelo da mayor rigidez y resistencia a la fatiga, incluso en hueso osteoporótico.^{11,12}

Si bien es cierto que los nuevos diseños de placas anatómicas precontorneadas y de diferentes angulaciones, curvaturas y medidas facilitan en gran medida la fijación de estas fracturas, es indispensable tratar de lograr los siguientes objetivos:

La reconstrucción anatómica de la superficie articular, lo cual es posible en la mayoría de los casos, pudiéndose fijar temporalmente con clavillos

de Kirschner para después realizar la fijación definitiva, en algunos casos cuando no es factible por la conminución de los fragmentos es posible la reconstrucción con un injerto tricortical de la cresta ilíaca;¹³ la reconstrucción de la zona metafisaria de forma anatómica es deseable para la restitución de la alineación y la longitud, pero cuando esto no es viable debido a que no es posible realizar compresión interfragmentaria ni se obtenga un buen contacto óseo, es preferible recurrir al acortamiento siempre y cuando se restaure la alineación y la geometría del húmero distal. De acuerdo con Schneeberger, el acortamiento de 1 cm es bien tolerado, pero un acortamiento de 2 a 3 cm produce reducción significativa en la fuerza del tríceps.¹⁴ O'Driscoll sugiere una serie de objetivos técnicos que se deben lograr y que, de realizarse correctamente, mejoran el resultado funcional de la osteosíntesis. Éstos son: 1) Todo tornillo debe de pasar a través de la placa. 2) Cada tornillo debe de anclarse en un fragmento del lado opuesto al de la placa. 3) Se deben de colocar la mayor cantidad de tornillos posibles en los fragmentos distales. 4) Cada tornillo debe de ser lo más largo posible. 5) Cada tornillo debe de fijar la mayoría de fragmentos articulares que sea posible. 6) Los tornillos se deben de bloquear entre sí por medio de interdigitación dentro del fragmento distal para crear un constructo estable de ángulo fijo. 7) Las placas se deben de colocar de manera que provean compresión a nivel supracondíleo de ambas columnas y 8) Las placas deben de ser lo suficientemente fuertes y rígidas para que resistan la fatiga y la deformación hasta que se logre la consolidación.³ (*Figuras 1A, 1B, 1C*).

Generalmente, como parte del protocolo postquirúrgico, se coloca una férula posterior por siete a 10 días para permitir una mejor cicatrización de la herida y después de esto se inicia con movimiento pasivo asistido. El hecho de tomar en cuenta las recomendaciones anteriores permitirá al ortopedista lograr un mejor resultado quirúrgico y una mejor función para los pacientes.

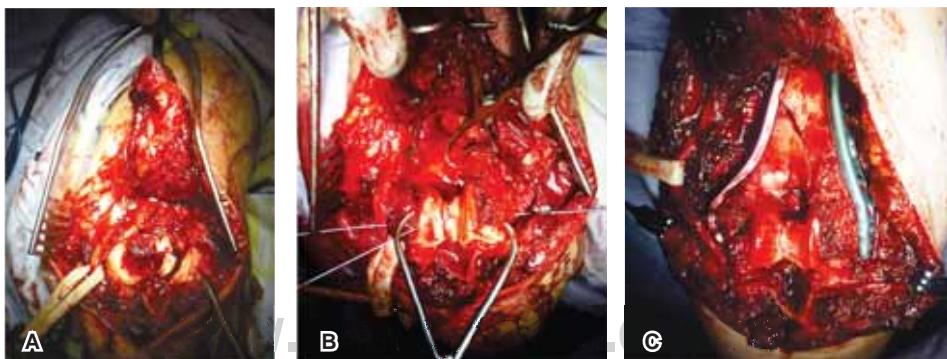


Figura 1. **A.** Imagen clínica de una fractura conminuta del extremo distal del húmero mediante abordaje con osteotomía al olecranon. **B.** Fijación temporal con clavillos de Kirschner y reconstrucción de la superficie articular. **C.** Fijación definitiva con dos placas anatómicas.

ARTROPLASTIA TOTAL DE CODO EN FRACTURAS

La artroplastia total de codo (ATco) es un procedimiento que cada vez se realiza con mayor frecuencia en el mundo. Sus principales indicaciones son: artritis inflamatorias, osteoartritis, artritis postraumática, fracturas y pseudoartrosis.

El empleo de la ATco en fracturas se ha presentado como una consecuencia lógica de los buenos resultados en el tratamiento de la artritis reumatoide en esa articulación.¹⁵ Sin embargo, los resultados de la ATco en las fracturas distales del húmero no son tan predecibles como en otras articulaciones donde han demostrado serlo: cuello femoral o el húmero proximal.

El perfil del paciente con fractura del codo, candidato de ATco es el de sujetos con edad mayor a 65 años, con sintomatología preexistente de la articulación, o enfermos con fracturas poco fragmentadas, con osteopenia importante y severo daño articular. Con este perfil es posible obtener resultados predecibles. Por el contrario, aquellos pacientes jóvenes, con fracturas susceptibles de la fijación interna, o con fracturas expuestas o aquellos con expectativas de regresar a una actividad física o estilo de vida con demanda física significativa, se deben de excluir por el hecho de que se asocian a una tasa alta de fracaso.

Es fundamental establecer el diagnóstico de forma precisa antes de aventurar la realización de una ATco. El uso de la tomografía axial computada en tercera dimensión (TAC 3D), con reconstrucciones de cada hueso del codo de forma individual, permiten evaluar de forma precisa la lesión al poder determinar el número de fragmentos, la extensión de éstos y permite proyectar la forma de reducir y fijar la fractura o, en su caso, poder confirmar el grado de severa conminución de la superficie articular que establece la indicación para la artroplastia.¹⁶

Las complicaciones que con mayor frecuencia se presentan en las ATco que se realizaron para tratar fracturas son: primero, el aflojamiento de los vástagos por sobreuso o abuso al realizar actividades que permiten que se establezcan solicitudes cíclicas que terminan por ocasionar aflojamiento y, segundo, el desgaste temprano del polietileno de la articulación protésica que favorece la aparición del «debris» y predispones a la osteólisis metafisaria o diafisaria del húmero y/o el cúbito. Sin embargo, existen trabajos que han demostrado que los resultados de la aplicación de las escalas de DASH y *Mayo Wrist Score*, a pacientes portadores de fracturas con afección de la superficie articular severa por conminución, tratados con reducción abierta y fijación interna (placas) son inferiores a los de aquellos pacientes tratados con artroplastia semirestringida.¹⁷

La sobrevida de la ATco en el tratamiento de las fracturas del extremo distal del húmero, de acuerdo a diferentes series, es de 96% para los primeros 24 meses, luego desciende a 82% a los 60 meses y se estabiliza en 65% después de los 120 meses. Sin embargo, las tasas de revisión oscilan entre 9 y 40%,¹⁸⁻²⁰ siendo las principales causas: implantación en jóvenes, antecedente de diferentes proceso quirúrgicos previos a la ATco y antecedente de infección, sin olvidar las características de la fractura; los casos con condilectomía humeral son más revisados que aquellos en que la pérdida fue sólo una de las columnas; lo mis-

mo sucede en el caso de los pacientes con codo «flotante» con pérdida ósea importante en ambos polos.

Con base en lo anterior, la experiencia que se tiene en el tratamiento de las fracturas del codo con ATco ha demostrado que el uso de estos implantes de forma rutinaria no se traduce en el éxito esperado por paciente y cirujano, sobre todo en el caso de pacientes jóvenes de menores de 65 años, en quienes habrá que considerar otras opciones, como artroplastia de interposición y revisión de la osteosíntesis.^{21,22}

En nuestra experiencia, tanto institucional como privada (F.V.G., INR), el uso de la ATco, en fracturas del codo o del húmero distal, se centra en el tratamiento de las complicaciones de las mismas como la seudoartrosis o de las complicaciones del tratamiento establecido de forma inicial. El uso de la ATco en casos agudos se restringe a aquellos pacientes que cumplen con el perfil descrito previamente: con edad superior a los 65 años, baja demanda, osteopenia y afección severa de la superficie articular.

En los últimos 24 meses hemos realizado 10 artroplastias en pacientes con etiología traumática, de los cuales sólo dos casos fueron agudos, los otros ocho se trataban de seudoartrosis o secuelas del tratamiento de establecido (*Figura 2: A, B, C y D*). En estos 10 casos, los resultados muestran satisfacción por parte de nueve de los pacientes, con rangos de movilidad por arriba de los 100°, tanto en flexión-extensión como en pronosupinación; todos regresaron a su trabajo previo; y tres de los cuatro que tenían una actividad deportiva previa regresaron a ella. Las complicaciones fueron neuritis cubital que ameritó una segunda cirugía, fractura transoperatoria de la diáfisis cubital resuelta con cerclaje, y un desgaste del polietileno a los 13 meses de PO en una paciente jugadora de tenis.

Consideramos que la primera opción de cualquier fractura del codo o húmero distal es la reducción abierta y fijación interna, sin importar la edad



Figura 2. **A:** Imagen de fractura supracondilea humeral con fracaso del tratamiento por fijación insuficiente. **B:** Radiografía en proyección anteroposterior (AP) inmediata de colocación de prótesis total de codo, en la que se puede observar el injerto óseo fijado con cerclaje de alambre. **C:** Radiografía en proyección lateral al cabo de 18 meses de postoperatorio; se observa el injerto en su lugar; no hay datos de aflojamiento. **D:** Placa radiográfica AP al cabo de 18 meses de postoperatorio; se observa el injerto en su lugar; no hay datos de aflojamiento.

o calidad ósea, e incluso a pesar de encontrar comminución de la superficie articular, ya que la restitución de la anatomía (en su conjunto o de forma parcial) abre las puertas a un mejor manejo de la artritis posttraumática o aun de la seudoartrosis, con opciones como la artroplastia de interposición y la revisión de la síntesis con diferente constructo o, en su caso, la misma ATco, ya que como se comentó los defectos óseos comprometen la sobrevida del implante. El verdadero reto se establece con los pacientes menores de 65 años, en especial los menores de 45 años, que presentan una fractura compleja que, a pesar de realizar una buena técnica de fijación, ésta evoluciona hacia la falta de consolidación con pérdida de hueso y que, a pesar de hacer una revisión con cambio de constructo y colocación de injerto, no es posible lograr la consolidación y aumenta la pérdida ósea. En estos casos, la ATco se vuelve la opción; sin embargo, es en este grupo donde es mayor la tasa de revisión.



Figura 3. Imágenes radiográficas en proyecciones anteroposterior y lateral de una luxación de codo (A y B). Controles postreducción (C y D).

LA TRÍADA TERRIBLE DEL CODO

La «tríada terrible del codo» es una lesión que incluye una luxación de codo acompañada de una fractura de la cabeza del radio y de la apófisis coronoides (*Figura 3*). Su nombre es debido a las complicaciones asociadas y al pobre resultado del tratamiento para lograr la estabilidad y la movilidad temprana.²³

El mecanismo de lesión asociado es la aplicación de una fuerza en valgo al codo con un momento de supinación del antebrazo; la cabeza del radio se dirige hacia el capitellum, generando su fractura, y la fuerza progresiva en valgo lleva la apófisis coronoides contra la tróclea, fracturándola; finalmente, el desplazamiento posterolateral genera que el ligamento colateral lateral (LCL) se rompa en su inserción humeral.²

Dentro de los estudios de gabinete a emplear, juegan un papel importante las radiografías de codo en proyección anteroposterior (AP) y lateral que se realizan al ingreso al área de urgencias y posterior a la reducción bajo anestesia. La evaluación final del daño a las estructuras óseas se debe hacer después de la reducción; una vez identificadas las mismas, se recomienda clasificarlas para la planeación quirúrgica. Las fracturas de cabeza de radio se catalogan de acuerdo a la clasificación modificada de Mason;²⁵ para las lesiones de la apófisis coronoides se recomienda la clasificación de O'Driscoll.²⁶ Una vez controlado el proceso inflamatorio y el dolor, se realiza la planeación del tratamiento quirúrgico, auxiliándose con una tomografía axial computada con reconstrucción tridimensional para conocer mejor la geometría de la lesión.

Cuando nos enfrentamos a la evaluación de una lesión compleja del codo, es de crucial importancia identificar el mecanismo de lesión que permitirá cuantificar el daño esperado. Como en todo fenómeno de inestabilidad, habrá que controlar el dolor, el aumento de volumen y serán vigiladas las lesiones neurológicas periféricas antes y después de la reducción de la luxación.

Los principios de la técnica quirúrgica son:²⁷

- a) Restablecer la estabilidad de la coronoides con osteosíntesis o con reparación de la cápsula anterior.
- b) Restablecer la geometría de la cabeza radial mediante osteosíntesis o a través de un remplazo de cabeza radial.
- c) Restablecer la estabilidad lateral mediante la reparación del complejo ligamentario lateral.
- d) En casos muy selectos, asociados a inestabilidad residual, se recomienda usar un fijador externo articulado.

El abordaje general requiere de la reparación secuencial de lesiones de profundo a superficial. Se puede realizar a través de un abordaje lateral (cuando hay mucha comminución de la cabeza del radio) o a través de un abordaje universal posterior.

La rehabilitación es personalizada y depende de la estabilidad inicial lograda; bajo el principio de recuperar movilidad, luego fuerza muscular y finalmente el

reentrenamiento para retorno a las actividades de la vida cotidiana, laboral y recreacional.

Puntos esenciales:

1. No fijar la cabeza del radio y el complejo lateral antes que la coronoides, ya que obligaría a un segundo abordaje.
2. No resecar la cabeza de radio sin reemplazarla; recordar que su función es primordial como estabilizador secundario del codo.
3. La fijación transarticular de la lesión debe considerarse como último recurso y prevenir que haya ruptura del clavo, no usar por más de tres semanas.
4. Reparar el ligamento colateral lateral que siempre se avulsiona del lado humeral; el no hacerlo mantendrá inestabilidad residual.
5. No mantener una inmovilización prolongada (más de tres semanas), ya que las secuelas por artrofibrosis u osificación heterotópica son frecuentes y se evitan con la movilización temprana.

En resumen, la tríada terrible del codo es una entidad poco reconocida en los servicios de urgencias que debe considerarse en forma más frecuente con los accidentes de alta energía o motocicleta; su diagnóstico oportuno llevará a tratamientos tempranos con mejores resultados funcionales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Galano GJ, Ahmad CS, Levine WN. Current treatment strategies for bicolumnar distal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010; 18 (1): 20-30.
2. Ljungquist KL, Beran MC, Awan H. Effects of surgical approach on functional outcomes of open reduction and internal fixation of intra-articular distal humeral fractures: a systematic review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].* 2012; 21 (1): 126-135.
3. O'Driscoll SW. Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005; 14 (1 suppl S): 186S-194S.
4. Jupiter JB, Neff U, Holzach P, Allgöwer M. Intercondylar fractures of the humerus. An operative approach. *J Bone Joint Surg Am.* 1985; 67 (2): 226-239.
5. Russell GV, Jarrett CA, Jones CB, Cole PA, Gates J. Management of distal humerus fractures with minifragment fixation. *J Orthopaedic Trauma.* 2005; 19 (7): 474-479.
6. Athwal GS, Hoxie SC, Rispoli DM, Steinmann SP. Precontoured parallel plate fixation of AO/OTA type C distal humerus fractures. *J Orthopaedic Trauma.* 2009; 23 (8): 575-580.
7. Wolf JM, Athwal GS, Shin AY, Dennison DG. Acute trauma to the upper extremity: what to do and when to do it. *Instr Course Lect.* 2010; 59: 525-538.
8. Chaudhary S, Patil N, Bagaria V, Harshavardhan NS, Hussain N. Open intercondylar fractures of the distal humerus: Management using a mini-external fixator construct. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].* 2008; 17 (3): 465-470.
9. Kloen P, Helfet DL, Lorich DG, Paul O, Brouwer KM, Ring D. Temporary joint-spanning external fixation before internal fixation of open intra-articular distal humeral fractures: A staged protocol. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].* 2012; 21 (10): 1348-1356.
10. Wilkinson J. Posterior surgical approaches to the elbow: A comparative anatomic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2001 Jul; 10(4): 380-2.
11. Zalavras CG, Vercillo MT, Jun B-J, Otarodifard K, Itamura JM, Lee TQ. Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].* 2011; 20 (1): 12-20.
12. Sanchez-Sotelo J, Torchia ME, O'Driscoll SW. Complex distal humeral fractures: internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89 (5): 961-969.
13. Giannoudis PV, Al-Lami MK, Tzioupis C, Zavras D, Grotz MRW. Tricortical bone graft for primary reconstruction of comminuted distal humerus fractures. *J Orthopaedic Trauma.* 2005; 19 (10): 741-743.

14. Hughes RE, Schneeberger AG, An KN, Morrey BF, O'Driscoll SW. Reduction of triceps muscle force after shortening of the distal humerus: A computational model. *J Shoulder Elbow Surg.* 1997; 6 (5): 444-448.
15. Sanchez-Sotelo J. Distal humeral fractures: role of internal fixation and elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg* 2012; 94 (6): 555-568.
16. Doornberg J, Lindenholvius A, Kloen P, van Dijk CN, Zurakowski D, Ring D. Two and three-dimensional computed tomography for the classification and management of distal humeral fractures. Evaluation of reliability and diagnostic accuracy. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88 (8): 1795-1801.
17. Cross MB, Sherman SL, Kepler CK, Neviaser AS, Weiland AJ. The evolution of elbow arthroplasty: innovative solutions to complex clinical problems. *J Bone Joint Surg.* 2010; 92 (suppl 2): 98-104.
18. Cil A, Veillette CJH, Sanchez-Sotelo J, Morrey BF. Linked elbow replacement: a salvage procedure for distal humeral nonunion. *J Bone Joint Surg.* 2008; 90 (9): 1939-1950.
19. Kraay MJ, Figgie MP, Inglis AE, Wolfe SW, Ranawat CS. Primary semiconstrained total elbow arthroplasty. Survival analysis of 113 consecutive cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1994; 76 (4): 636-640.
20. Fevang B-TS, Lie SA, Havelin LI, Skredderstuen A, Furnes O. Results after 562 total elbow replacements: a report from the Norwegian Arthroplasty Register. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].* 2009; 18 (3): 449-456.
21. Celli A, Morrey BF. Total elbow arthroplasty in patients forty years of age or less. *J Bone Joint Surg.* 2009; 91 (6): 1414-1418.
22. Mehlhoff TL, Bennett JB. Distal humeral fractures: fixation versus arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].* 2011; 20 (suppl 2): S97-106.
23. McKee MD, Pugh DMW, Wild LM, Schemitsch EH, King GJW. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures. *Surgical technique.* *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87 Suppl 1 (Pt 1): 22-32.
24. Steinmann SP. Coronoid process fracture. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008; 16 (9): 519-529.
25. Broberg MA, Morrey BF. Results of treatment of fracture-dislocations of the elbow. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; 216: 109-119.
26. Doornberg JN, Ring DC. Fracture of the anteromedial facet of the coronoid process. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88 (10): 2216-2224.
27. Mudgal CS, et al. New concepts in dislocations of the elbow. *Tech Orthopedics.* 2006; 21 (4): 347-362.