

TRATAMIENTO DE LA NO UNIÓN DIAFISIARIA DEL HÚMERO CON PLACAS DE COMPRESIÓN AO DE 4,5 mm. EXPERIENCIA CLÍNICA SEIS AÑOS

AIDA GARCÍA GÓMEZ, M.D.^{1*}, LUIS FELIPE NÁQUIRA, M.D., ORTOPEDISTA, CIRUJANO DE MANO Y MIEMBRO SUPERIOR,² ÁLVARO GARCÍA, M.D., ORTOPEDISTA, CIRUJANO DE MANO Y MIEMBRO SUPERIOR²
SERGIO BOCANEGRA, M.D., ORTOPEDISTA, CIRUJANO DE MANO Y MIEMBRO SUPERIOR²
Y FABIO SUÁREZ, M.D., ORTOPEDISTA, CIRUJANO DE MANO Y MIEMBRO SUPERIOR²

¹ Programa de Ortopedia, Facultad de Medicina, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

² Servicio de Traumatología y Ortopedia, Hospital Militar Central, Bogotá, Colombia.

Resumen

Presentamos un estudio observacional retrospectivo, tipo serie de casos, realizado en el Hospital Militar Central de Bogotá con 53 pacientes que presentaron no unión diafisiaria de húmero con mecanismos de lesión variables. A todos los pacientes se les realizó fijación con placa más injerto óseo, se les evaluó la función, el tiempo de consolidación y las complicaciones asociadas. El seguimiento fue de 52,4 semanas en promedio, encontrándose tres casos con infección superficial, un caso con infección profunda, dos casos que cursaron con síndromes regionales complejos y un caso con aflojamiento del material como única complicación. Todos los pacientes consolidaron la no unión y el 89% mostró resultados para la función entre buenos y excelentes, según la clasificación funcional DASH. De los resultados obtenidos concluimos que la osteosíntesis con placa más injerto óseo es un excelente método quirúrgico para el tratamiento de las no uniones, logrando una consolidación satisfactoria y la rehabilitación precoz de los pacientes.

Palabras clave: fractura de húmero, injertos óseos, fijación con placa

TREATMENT OF NO UNION OF THE HUMERAL SHAFT WITH 4.5 mm AO COMPRESSION PLATES. SIX YEARS CLINIC EXPERIENCE

Abstract

This is a retrospective observational study of serial cases seen between January 1998 and July 2004 at the Hospital Militar Central in Bogotá, Colombia. 53 patients presented with non-union of the humeral shaft with variable mechanisms of injury. All of the patients had plate fixation with bone graft and the function, consolidation time and associated complications were evaluated. The average follow-up was 52.4 weeks; there were 3 cases of superficial infection, 1 case of deep infection, 2 patients experienced Complex Regional Syndrome and 1 patient presented material loosening as a complication. 100% of the patients had fracture consolidation, 89 % showed excellent to good outcome according to the DASH functional classification. From these results we conclude that plate fixation with bone graft is an excellent surgical method to treat the non-union of the humeral shaft; achieving satisfactory fracture consolidation and early rehabilitation.

Key words: humeral fractures, bone transplantation, plate fixation

* Correspondencia: aidahope@hotmail.com. Dirección postal: Servicio de Traumatología y Ortopedia Hospital Militar Central, Tr. 3 #49-00, Bogotá, Colombia.

Recibido: Mayo 5 de 2007. Aceptado: Julio 11 de 2007.

Introducción

La no unión como complicación de las fracturas diafisarias del húmero representan un reto quirúrgico para el cirujano y una de las patologías que más impide funcionalmente las actividades diarias de los pacientes. (1-3). Durante el proceso normal de consolidación ósea se ven involucrados factores biológicos que van desde la división y proliferación celular, hasta la regeneración vascular, existiendo además una cascada de factores bioquímicos que se modifican durante el proceso y que en combinación con factores mecánicos logran una exitosa consolidación ósea (3-5). Son cuatro los eventos fisiológicos requeridos para la consolidación ósea: el reclutamiento, la inducción, la modulación y la osteoconducción. Cuando hay interrupción de la secuencia normal del proceso de consolidación se presenta la no unión de una fractura y aunque aún no exista una definición universalmente aceptada, por experiencia clínica se ha establecido que toda fractura tiene un tiempo promedio para que logre su unión, de forma tal que un retardo mayor de seis a ocho meses en la consolidación de la misma se considera una “no unión” (4-9).

La actividad medular en el hematoma fracturario es fundamental para la consolidación, pudiendo verse afectado por un bajo contacto entre los fragmentos, por un proceso infeccioso, o por lesiones con pérdidas importantes de tejidos blandos que conducen a la activación de los macrófagos y a los mediadores responsables de inhibir la osteogénesis (10-12). Existen también factores mecánicos que favorecen el desarrollo de la no unión, tales como la movilidad excesiva de los fragmentos y la pérdida del aporte sanguíneo, que aumentan la actividad osteogénica. Defectos óseos, sean relativos o absolutos, impiden igualmente la realización de compresión en el foco de fractura y traen como consecuencia el aflojamiento del material de osteosíntesis y un deterioro cada vez mayor de la calidad ósea (13-16).

El poco contacto entre los fragmentos puede ser consecuencia de una fijación interna en distracción, de tejidos blandos interpuestos, de mal alineamiento, o de pérdida ósea. La movilidad excesiva del foco de fractura aumenta el exudado de factores de crecimiento y de sustancias morfogenéticas, que asociado a las células y la a nueva formación de vasos, desarrollan un gran callo fibroso con grados variables de cartilago, caracterizado clínicamente por dolor al movimiento, consecuencia generalmente de un inadecuado tratamiento ortopédico, o de una fijación interna o externa inestable.

Las fracturas abiertas se caracterizan por una pérdida significativa de la vascularidad en el foco de fractura por el compromiso directo de los vasos nutricios, la cual se aumenta por la presencia de fracturas segmentarias y de fragmentos óseos libres, en presencia de lesiones de alta energía. Otra causa de avascularidad es una técnica quirúrgica inadecuada, dada por una excesiva desperiostización y una mayor lesión de tejidos blandos circundantes. La utilización de brocas, de clavos y de tornillos produce un daño adicional en el hueso (6,8,11,13,17-19). Las infecciones, *per se*, no son causa directa de no unión, sin embargo, su presencia si potencializa los factores osteolíticos en el tejido de granulación, produciendo aflojamiento del material de osteosíntesis y movimiento excesivo en el foco de fractura, que si favorecen la no unión (20,21). Características generales como la edad, el tabaquismo, la malnutrición, el uso de agentes antiinflamatorios, de esteroides y de anticoagulantes, al igual que las quemaduras y las radiaciones, son condiciones que si bien contribuyen, no causan en forma primaria la no unión.

Innumerables técnicas se han descrito para mejorar la fijación en el hueso de mala calidad y el desarrollo -relativamente reciente- de las placas de bajo contacto de compresión dinámica (LC-DCP) y posteriormente, el éxito obtenido en el desarrollo de placas que actúan como fijadores internos (LCP), han incrementando la estabilidad ósea, especialmente en fracturas con hueso de mala calidad. Con este tipo de placas se ha observado una notable mejora en la rata de unión en huesos largos, con éxito cercano al 90%, luego de un sólo procedimiento quirúrgico y con un 80% de los resultados funcionales, que están entre buenos y excelentes si se mantiene la longitud y la alineación de la extremidad (10,12,19,23-26).

El Hospital Militar Central, como primer centro de remisión del trauma de alta energía de las Fuerzas Militares de Colombia, presenta un porcentaje más alto de no unión del húmero que los reportados en la literatura mundial, hecho que nos ánimo a revisar y a evaluar nuestra experiencia en el tratamiento de pacientes con diagnóstico de no unión de húmero, utilizando las nuevas placas de compresión bloqueada (LCP) y bajo contacto (LC-DCP Y DCP).

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo, tipo serie de casos, que describe la experiencia del Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Militar

Central de Bogotá, para la corrección quirúrgica de la no unión diafisaria del humero. El estudio incluyó 52 pacientes, ingresados por muestreo secuencial durante un periodo de seis años, comprendidos entre enero de 1998 y julio de 2004. Los casos se tabularon por edad, sexo, tipo y trazo de de fractura, tiempo de consolidación, material utilizado, evaluación funcional y neurológica preoperatoria y postoperatoria, hallazgos radiográficos cada cuatro semanas y posibles complicaciones. En todos ellos se aplicó la escala DASH traducida al español durante el preoperatorio y el postoperatorio. (27)

Se incluyeron pacientes con diagnóstico de no unión diafisaria de húmero demostrada clínica y radiográficamente, quienes firmaron el consentimiento informado antes procedimiento quirúrgico y a quienes se le hizo seguimiento posquirúrgico por mínimo tres meses. Previo al procedimiento se realizó una valoración clínica, complementada con proyecciones radiográficas en el plano anteroposterior, para enseguida hacer el planeamiento operatorio, definiendo la calidad ósea y el material de osteosíntesis más indicado. Se excluyeron los pacientes con otro tipo de material de osteosíntesis y con seguimiento postoperatorio menor de tres meses. Todos los procedimientos fueron realizados por los especialistas que conforman el grupo de Cirugía de Mano y Miembro Superior del Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Militar Central.

Se diseñó un formulario para la recolección de la información que incluía datos básicos de la historia clínica y de los registros radiográficos; en el se registraron las variables de análisis descritas, que posteriormente se codificaron numéricamente para ser procesadas por cuatro programas estadísticos: ACCES para la recolección de datos, WORD para el procesamiento del texto y EXCEL y EPINFO versión 6.04 para el análisis.

Para las variables de medición numérica se realizó un análisis univariado con variables cuantitativas, aplicando medidas de tendencia central y de dispersión como la desviación estándar y el rango (valor máximo y mínimo). Las variables cualitativas se determinaron en frecuencia y porcentaje, aplicando la moda. Al resultado de las variables mencionadas se les aplicó pruebas de significación estadística como los intervalos de confianza y el valor de P -según necesidad- presentando únicamente los resultados estadísticamente significativos. En el momento del análisis se realizó un análisis bivariado con las asocia-

ciones probables entre las variables, según criterio de los investigadores. Se utilizaron medidas probables de asociación causal, como la razón de prevalencia, a las cuales se aplicaron pruebas de significancia estadística (intervalos de confianza).

Técnica Quirúrgica

Se coloca al paciente en posición supina en mesa quirúrgica convencional, con el miembro superior apoyado sobre soporte lateral de brazo. Se realiza lavado de la extremidad y de la cresta iliaca ipsilateral y preparación con campos quirúrgicos, previa colocación de torniquete neumático estéril. Se hace un abordaje posterolateral en piel hasta identificar fascia, se define el plano entre el músculo braquial anterior y la porción lateral del tríceps; se identifica el nervio radial a nivel del tercio distal (cara lateral del brazo) y se libera proximal y distalmente, reparándolo con un dren de penrose. Se disecciona la cara lateral del húmero y se eleva subperiosticamente hacia posterior el músculo tríceps; se reseca el material fibroso, recanalizando el canal medular con broca 4,5 mm.

Se adapta la placa (LC-DCP, DCP o LCP de 4,5 mm) de acuerdo al planeamiento quirúrgico en la cara posterior del húmero (cara de tensión), e injertos de esponjosa en la cara anterior a necesidad (Figura 1). Se revisa hemostasia, luego cierre hasta piel por planos, se coloca *hemovac* y finalmente movilización con férula posterior.

Resultados

De los 52 pacientes con diagnóstico de no unión atrófica diafisaria del húmero e intervenidos quirúrgicamente con placas DCP, LC-DCP y LCP de 4,5 mm en un periodo de seis años, el 86,5 % fueron hombres (45 pacientes) y el 13,4 % mujeres (siete pacientes); la edad promedio fue de 32,9 años (intervalo 19 y 71 años); el promedio de seguimiento fue de 52,4 semanas, con un mínimo de tres meses y la lateralidad de la lesión se encontró derecha en el 96,1% (50 pacientes) e izquierda en el 3,9% (dos pacientes). Del total de los casos, el 76% presentó fracturas abiertas (39 pacientes) y el 24% (trece pacientes) fracturas cerradas. En cuanto al mecanismo del trauma, en el 64% (34 pacientes) de los casos se debieron a heridas por arma de fuego de alta velocidad, en el 16% (ocho casos) a caídas de su propia altura, en el 12% (seis pacientes) a heridas por arma de fragmentación (granada) y en el 8% restante (4 pacientes) a accidentes de tránsito.

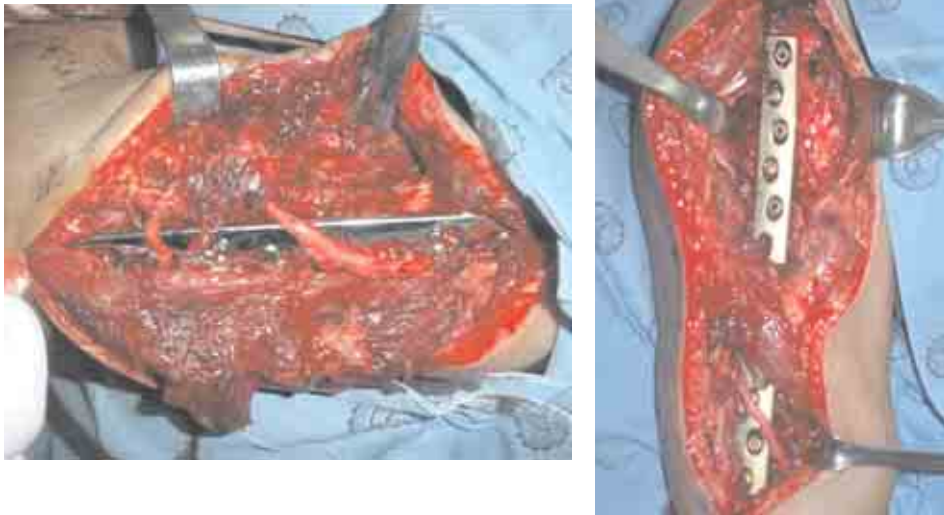


FIGURA 1. Placa LCP en humero e injertos óseos.

La no unión diafisiaria del húmero se diagnosticó en un promedio de 14,4 semanas posterior a la fractura, con tiempo mínimo de seis semanas y máximo de 21 semanas. El manejo inicial de las fracturas se realizó con fijador externo en el 60% (31 pacientes), con tratamiento ortopédico en el 24% (doce pacientes), con clavos de Enders en el 8% (cuatro pacientes) y el 8% restante (cuatro pacientes) con placa LC-DCP ancha de 4,5 mm. El procedimiento quirúrgico se realizó con placa LC-DCP ancha de 4,5 mm en el 65% de los casos (33 pacientes), con placa LCP ancha de 4,5 mm en el 32% (17 pacientes) y en el 4% restante (dos pacientes) con placa DCP ancha de 4,5 mm. El 100% de los pacientes requirió de la colocación injertos óseos de cresta iliaca y en todos ellos se logró también la consolidación completa de la no unión, con un tiempo promedio de 10,6 semanas (rango 10 y 14 semanas). Las placas LCP se utilizaron en los pacientes osteoporóticos, logrando la consolidación en diez semanas. La función se midió según la escala DASH traducida al español con resultados excelentes en un 49% de los pacientes, buenos en un 40 % y regulares en el 11 %. El 89 % de los pacientes presentó lesión de nervio radial con el trauma inicial y hubo un sólo caso (1,9%) de neuropraxia del nervio radial en el posquirúrgico.

Como complicaciones postoperatorias del procedimiento quirúrgico se presentaron tres casos de infección superficial, uno de infección profunda, dos

de síndrome regional complejo y uno de aflojamiento del material de osteosíntesis.

Discusión

La revisión de la literatura demuestra que existe un alto porcentaje de éxito en el tratamiento de las fracturas de húmero con tratamientos convencionales; sin embargo, cuando estas fracturas evolucionan a no unión, resultan altamente incapacitantes para los pacientes. Una mala calidad ósea, la falta de sustrato óseo y un compromiso importante de los tejidos blandos, cerca de estructuras neurovasculares, hacen de este procedimiento un reto quirúrgico para el cirujano (3,6,8,9). Y mientras que el tratamiento ortopédico ha sido el de elección para las fracturas cerradas de la diáfisis del húmero, con un riesgo del 2% al 5% de desarrollar una no unión, en el caso de fracturas abiertas, con pérdida importante de tejidos blandos y de piel, se ha recomendado el uso de un fijador externo (1,3,8,9,16).

El abordaje terapéutico que realizamos en el Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Militar Central parte de una completa valoración prequirúrgica clínica y radiográfica, tratando de definir la causa que provocó la no unión, siendo conocido que una mala técnica operatoria, o la elección inadecuada del implante, son por lo general las causas más frecuentes de esta complicación. Hay que resaltar que la identi-

ficación y la corrección de los factores de riesgo en pacientes obesos o fumadores, que pueden afectar el éxito del procedimiento, no son fáciles de controlar antes de la cirugía, por lo que a este tipo de pacientes se les debe dar una información previa acerca de los riesgos que se pueden correr.

Cuando se identifica una mala técnica quirúrgica como causa de la no unión del húmero se debe retirar el material, con resección y desbridamiento del tejido sinovial, para posteriormente realizar una fijación estable con placa y la colocación de injertos óseos. La utilización de injertos óseos autólogos incrementa el porcentaje de consolidación, pero requiere de una técnica quirúrgica exigente que evite complicaciones. En nuestro estudio la aplicación de injertos óseos de llevo a cabo en todos los pacientes, con una consolidación del 100% (27-29), siendo las fracturas abiertas la causa principal de la no unión (76% de la población) y la infección, la pérdida ósea y el compromiso vascular, los principales factores que favorecieron su desarrollo (29-31). La infección, la complicación más frecuente y difícil de tratar, debe estar en la mente del cirujano como una posibilidad, especialmente en fracturas que inicialmente fueron abiertas, o que se manejaron con clavos percutáneos o con fijador externo. En esos casos y para disminuir riesgos de recidiva, se hace necesario el curetaje y la resección del tejido infectado durante el procedimiento (4, 9,16).

Para la corrección de la no unión de húmero se han descrito diferentes métodos, basados en que el objetivo principal deberá ser la restauración funcional de la extremidad y el reintegro del paciente en el menor tiempo posible a sus actividades laborales (1,5,17, 18,20,25). El desarrollo -relativamente reciente- de las placas de bajo contacto permite un menor compromiso vascular con una menor desperiostización, una mayor compresión en el foco y una fijación más estable (29,30). En nuestro estudio utilizamos placas LC-DCP en un 65% los casos y placas LCP en un 32%, obteniendo los mismos resultados funcionales, pero un tiempo de consolidación más rápido. Los resultados funcionales que encontramos, que se ubicaron entre buenos y excelentes en el 89% de los pacientes y que les permitieron una recuperación completa para realizar sus actividades cotidianas, son comparables a los descritos por otros autores (26,27).

Para obtener un resultado óptimo con este procedimiento, resaltamos el cumplimiento de los principios descritos por la Asociación Osteosíntesis (AO): restablecimiento de la longitud y de la alineación evitando

rotaciones; obtención de una fijación estable; elección de una técnica quirúrgica atraumática (mínima desperiostización) e inicio precoz de la rehabilitación y la movilización.

Los resultados de nuestro estudio demuestran que el manejo quirúrgico con placas de bajo contacto de la no unión diafisaria del húmero con rehabilitación precoz y movilidad temprana de la extremidad, es un excelente método reproducible, con el que se logra estabilización y consolidación de la fractura en un promedio de diez semanas, siendo las placas LC-DCP las recomendadas para pacientes con buena calidad ósea y las LCP para aquellos osteoporóticos o con mala calidad ósea. Basados en esta experiencia y concientes de los sesgos inherentes a los trabajos retrospectivos y a los instrumentos de medición, planteamos las siguientes recomendaciones:

- Identificar la causa del desarrollo de la no unión del húmero, para realizar de esa manera un planeamiento acorde a las necesidades individuales de cada paciente, evaluando los riesgos y beneficios.
- Detectar los factores de riesgo general e individual de cada paciente, los cuales deben ser puestos en su conocimiento, evaluando en conjunto las posibilidades de éxito y fracaso del procedimiento.
- Determinar los antecedentes propios de la fractura, los cuales alertan al cirujano sobre la posibilidad y riesgos de infección (fracturas abiertas, clavos, etc.). Se recomienda, previo al procedimiento quirúrgico, tomar cuadro hemático completo, velocidad de sedimentación y proteína C reactiva.
- Seleccionar una técnica quirúrgica precisa y atraumática, evitando un exceso de desperiostización y facilitando un adecuado manejo de los tejidos blandos y de las estructuras neurovasculares, fundamentales para el éxito del procedimiento.
- Realizar para la fijación con placas, resección y curetaje en el sitio de la no unión, utilización de injertos óseos y fijación con un mínimo de seis corticales en pacientes con buena calidad ósea y de ocho corticales en pacientes osteoporóticos.

Experiencia clínica

Presentamos el control radiográfico pre y postoperatorio de un paciente masculino de 26 años con fractura abierta segmentaria de húmero izquierdo como consecuencia de onda explosiva que recibió tratamiento inicial con fijador externo y lavados quirúrgico.



FIGURA 2. Proyección AP (izquierda) y lateral (derecha) de húmero. Preoperatorias.

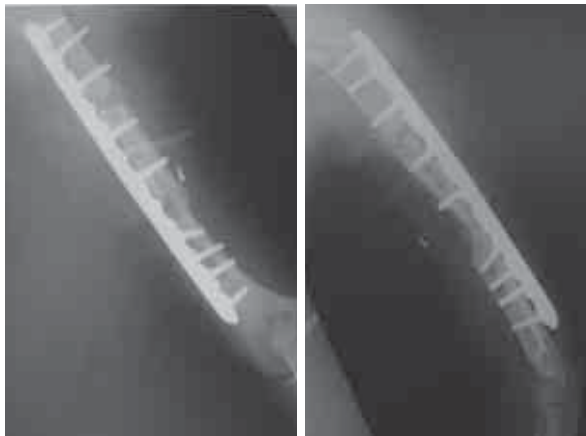


FIGURA 3. Proyección AP (izquierda) y lateral (derecha) de húmero. Postoperatorias con placa LCP 4.5 mm.



FIGURA 4. Proyección AP (izquierda) y lateral (derecha) de húmero. Postoperatorio de retiro de la placa.

Referencias

1. Rosen Howard, DM, The Treatment of Nonunion and Pseudarthroses of the Humeral Shaft. Orthopedic Clinics of North America. 1990;21 (4): 1125-1129.
2. Ackerman G, Jupiter JB. Nonunion of fractures of the distal end of the humerus. J Bone Joint Surg. 1983;70:75-83.
3. Bennet .G.E. Fractures of the Humerus with particular reference to nonunion and its treatment. Ann Surg. 2003;103: 125-136.
4. Boyd .H.B. Symposium: Treatment of ununited fractures of the long bones. J Bones Joint Surg. 1965;47:167-178.
5. Boyd. H.B; Anderson, L.D.; Johnston, D.C. Changing concepts in the treatment of nonunions. Clin Orthop. 1965;43:37- 45.
6. Epps. C.H, Grant. R.E. Fractures of the shaft of the humerus. En : Rockwood: C.A., Jr. Green. D.P, Bucholz. R.W. eds. Rockwood and Green's Fractures in adults, 3er ed., Vol. 1 Philadelphia. J.B.Lippincott, 1999, pp843-869.
7. Fisher. D.E. Nonunion of the humerus shaft. Minn Med. 1972 55:395-403.
8. Sarmiento A.M.D; Waddell. J.P. Diaphyseal Humeral fractures: treatment options. The Journal of Bone and Joint surgery. 2001;4: 83-96
9. Perren SM. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to interna fixation. Clin Orthop. 1979;138:175-96.
10. Otsuka NY, Mc Kee MD, Liew A, Richards RR, Waddell JP. The effect of comorbidity and duration of nonunion on outcome after surgical treatment for nonunion of the humerus. J Shoulder Elbow Surg, 1998;7: 127-33.
11. Foulk DA, Szabo RM. Diaphyseal humerus fractures: natural history and occurrence of nonunion. Orthopaedics. 1995;18: 333-5.
12. Blum J, Rommens PM. Surgical approaches to the humeral shaft. Acta Chir Belg. 1997;97: 237-43.
13. Modabber MR, Jupiter JB. Operative management of diaphyseal fractures of the humerus. Plate versus nail. Clin Orthop. 1998;347: 93-104.
14. Heim D, Herkert F, Hess P, Regazzoni P. Surgical treatment of humeral shaft fractures- the Basel experience. J Trauma. 1993; 35:226-32.
15. Karas EH, Strauss E, Sohail S. Surgical stabilization of humeral shaft fractures due to gunshot wound. Orthop Clin North Am. 1995; 26:65-73.
16. Jupiter JB, von Deck M. Ununited humeral diaphyses. J Shoulder Elbow Surg, 1998; 7: 644-53.
17. Ring D, Perey BH, Jupiter JB. The functional outcome of operative treatment on ununited fractures of the humeral diaphysis in older patients. J Bone Joint Surg Am. 1999; 81:177-90.
18. McKee MD, Miranda MA, Riemer BL. Management of humeral nonunion after failure of locking intramedullary nails. J Orthop Trauma. 1996; 10: 492-9.
19. Sarmiento A, Mullis DL, Latta LL, Tarr RR, Alvarez R. A quantitative comparative análisis of fracture healing Under the influence of compression plating Vs close weight-bearing treatment. Clin Orthop. 1980; 149: 232-9.
20. Barquet A, Fernandez A, Luvizio J, Masliah R. A combined therapeutic protocol for aseptic nonunion of the humeral shaft. J Trauma 29(1):95, 1989.
21. Healy WL, White GM, Mick CA. Nonunion of the humeral shaft. Clin Orthop 219:206, 227.

22. Rosen H. fractures healing and pseudarthrosis. In Taveras JM (ed): radiology: diagnosis-Imaging-Intervention, Vol 5 .Philadelphia. J.B. Lippicott, 1986.
23. Rosen H. Operative treatment of non unions of long bone fractures. *J Cont Ed Orthop.* 1979; 7:13.
24. Boyd H.B. The treatment of difficult and unusual non-union. With special reference to the bridging of defects. *J Bone and Joint Surg.* 1943;25: 535-552.
25. Constant C.R Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop.* 1987; 214:160-164.
26. Hudak P, Amadio P, Bombardier C. Development o fan upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand).The Upper extremity Collaborative Group. *Am. J Indust Med.* 1996;29: 602-608.
27. Jupiter J.B, Deck M.V. The ununited humeral diaphyses. *J Shoulder and elbow surg.* 1998;7: 644-653.
28. Ring D, Jupiter JB, Quintero J, Sander RA. Atrophic ununited diaphyseal fractures in the humerus with bone defect. *J. Bone Joint Surg.* 2000;82: 867-871.
29. Gerber A, Marti R, Jupiter JB. Surgical management of diaphyseal humeral nonunion after intramedullary nailing: wabe-plate fixation and autologous bone grafting without nail removal. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;8: 110-120.
30. Jupiter JB. Complex non union of the humeral diaphysis –treatment with medial approach, an anterior plate and a vascularized fibula graft. *JBJS.* 2003;72(I5): 701-707.
31. Rodriguez E, Farrol F. Nonunions: General principles and experimental data. *Clin Orthop.* 2004;419: 4-12.