

Seudoartrosis y retardos de consolidación del húmero

Resultados funcionales y principios de tratamiento

CHRISTIAN ALLENDE, MARIANO GASTAUDO, IGNACIO PIOLI,
LUCAS MARANGONI y BARTOLOMÉ T. ALLENDE

Sanatorio Allende, Córdoba

RESUMEN

Introducción: Evaluar retrospectivamente los resultados funcionales obtenidos en retardos de consolidación y pseudoartrosis de húmero tratadas en un período de 20 años y con un seguimiento promedio de 7,1 años.

Materiales y métodos: Cuarenta y tres pacientes tratados quirúrgicamente entre 1984 y 2004. Veintiséis presentaban retardo de consolidación y 17 pseudoartrosis (siete atróficas, seis hipertróficas y cuatro sinoviales). Ocho afectaban el tercio proximal del húmero; 24, el tercio medio y 11, el tercio distal. La estabilización definitiva se realizó utilizando una placa en 26 casos, dos placas en 5 casos, clavo-placa de 90° en 3 casos, clavo endomedular en 8 casos y tutor externo en un caso. Se utilizó injerto óseo en 34 casos.

Resultados: La consolidación clínica y radiológica se logró en un promedio de 4,5 meses. El puntaje funcional promedio fue de 37 puntos. En los pacientes con pseudoartrosis atrófica, el puntaje funcional promedió 34 puntos; en las pseudoartrosis sinoviales, 36 puntos; y en las pseudoartrosis hipertróficas, 35 puntos.

Conclusiones: Es importante el diagnóstico y tratamiento precoz de estas lesiones, ya que los mejores resultados funcionales se obtuvieron en pacientes con retardo de consolidación (promedio de 38 puntos). El tratamiento se basó en proveer estabilidad, lograr un amplio contacto de los extremos óseos y estimular funcionalmente el miembro. La estabilización varió según el tipo de pseudoartrosis, su localización y la calidad ósea.

PALABRAS CLAVE: Osteosíntesis. Pseudoartrosis. Retardo de consolidación. Húmero.

**HUMERAL NONUNIONS AND DELAYED UNIONS.
FUNCTIONAL RESULTS AND TREATMENT PRINCIPLES**

ABSTRACT

Background: To retrospectively evaluate the functional results obtained after surgical treatment in 43 delayed unions and nonunions of the humerus, treated in a 20 year period and with an average follow-up of 7.1 years.

Methods: Twenty-six patients had delayed union and seventeen had nonunion (seven atrophic, six hypertrophic, and four synovial). Eight were located in the proximal third of the humerus, twenty-four in the humeral diaphysis, and eleven in the distal third of the humerus. Definitive fixation was performed using one plate in 26 cases, two plates in five cases, a 90° fixed-angle plate in three cases, intramedullary nailing in eight cases, and external fixation in one case. Bone graft was used in 34 cases.

Results: Time to bony union averaged 4.5 months. The final functional score averaged 37 points. Patients with atrophic nonunions had an average functional score of 34 points; those with synovial nonunions had an average score of 36 points, and the functional score in hypertrophic nonunions averaged 35 points.

Conclusions: Early diagnosis and treatment of these lesions is important. In our series, a better functional score was obtained in patients with delayed unions (average 38 points), than in those with nonunions (average 35 points).

KEY WORDS: Osteosynthesis. Nonunion. Functional results. Humerus.

Recibido el 24-6-2005. Aceptado luego de la evaluación el 8-8-2005.

Correspondencia:

Dr. CHRISTIAN ALLENDE
Hipólito Irigoyen 384
(5000) - Córdoba
Tel.: 0351-4269240
Fax: 0351-4269209
christian_allende@hotmail.com

Las fracturas de húmero representan el 5% a 8% de todas las fracturas de los huesos largos; la mayoría no com-

prometen la articulación proximal o distal, y pueden ser tratadas en forma eficaz con métodos incruentos; sin embargo, las tasas de seudoartrosis informadas son significativas (10% a 15%).^{3,17} Se considera retardo de consolidación a la ausencia de evidencia clínica y radiológica de formación de callo óseo después de 12 a 16 semanas de producida la fractura, mientras que pasadas las 24 semanas ésta se define como seudoartrosis.^{8,36}

El movimiento óseo anormal y la pérdida de función favorecen la atrofia y resorción ósea y de los tejidos blandos, la limitación del movimiento articular y la pérdida de fuerza. Las seudoartrosis de húmero se asocian con una importante incapacidad secundaria a su frecuente asociación con dolor, inestabilidad, pérdida de fuerza, acortamiento, angulación, rigidez articular, atrofia, infección, y déficit neurológico y vascular del miembro afectado.^{9,25} Diversos factores etiológicos pueden favorecer su desarrollo: condiciones médicas (obesidad, osteoporosis, alcoholismo, fracturas patológicas, tabaquismo), edad, pérdida ósea, interposición de tejidos blandos, traumatismos de alta energía, fracturas expuestas, radiación, infección y técnica quirúrgica inadecuada.^{5,45,50} Se describieron diferentes métodos y técnicas quirúrgicas para su tratamiento, incluyendo reducción abierta y fijación interna con placas, enclavado endomedular, fijación externa, autoinjerto óseo libre o vascularizado, aloinjerto, estimulación ósea, ultrasonido, proteínas morfogenéticas, o una combinación de los anteriores.^{4,8,11,31,34,42,44,51}

El objetivo de este estudio es evaluar retrospectivamente los diferentes tratamientos quirúrgicos utilizados y los resultados funcionales obtenidos en retardos de consolidación y seudoartrosis de húmero tratadas quirúrgicamente en un período de 20 años y con un seguimiento promedio de 7,1 años.

Materiales y métodos

Se evaluaron retrospectivamente 43 pacientes (de un total de 52) tratados quirúrgicamente entre 1984 y 2004, con retardo de consolidación o seudoartrosis de húmero (Tabla 1). Nueve pacientes fueron excluidos por no presentar un seguimiento adecuado. Fueron excluidos los retardos de consolidación y seudoartrosis intraarticulares, seudoartrosis patológicas, y seudoartrosis asociadas con defectos óseos segmentarios tratados con injerto libre de peroné. Los criterios de inclusión fueron: seudoartrosis y fracturas móviles o inestables con más de 12 semanas de evolución desde la lesión inicial; que necesitaron tratamiento quirúrgico para obtener la consolidación. Veintiséis pacientes presentaban retardos de la consolidación y 17, seudoartrosis (7 atróficas, 6 hipertróficas y 4 sinoviales; 4 presentaban evidencia o antecedente de infección).

La edad de los pacientes promedió 46 años (rango, 14 a 80). Veintitrés pacientes eran varones y 20, mujeres. El miembro superior derecho estuvo comprometido en 28 pacientes y el izquierdo en 15. Ocho afectaban el tercio proximal del húmero, 24 el tercio medio y 11 el tercio distal. Treinta y cuatro fueron inicialmente fracturas cerradas y 9 fueron expuestas. El tiempo

entre el traumatismo inicial y el tratamiento definitivo promedió 10 meses (rango, 3 a 60). En 15 pacientes las radiografías preoperatorias evidenciaban atrofia ósea significativa. El tratamiento inicial fue incruento en 22 pacientes y quirúrgico en 21 pacientes (reducción abierta y fijación interna con placa y tornillos en 9 pacientes, enclavado endomedular en 7 pacientes, clavos de Rush en 2 pacientes, tutor externo en 2 pacientes y tornillos en un paciente). En los pacientes inicialmente tratados con reducción abierta y fijación interna con placas, el largo de éstas promedió 6,25 orificios (rango, 4 a 10), y el número de corticales tomadas por los tornillos a ambos lados de la fractura promedió 9,75 (rango, 6 a 14). Siete fracturas fueron tratadas primariamente en nuestra institución (cuatro con yeso y corsé siguiendo la técnica descrita por Sarmiento,^{2,48} una con clavo endomedular anterógrado, una con tutor externo, y una con placa y tornillos). Seis pacientes presentaban lesiones parciales del manguito rotador, un paciente presentó lesión completa del manguito rotador y un paciente presentó un hombro congelado (todos tratados inicialmente con clavo endomedular). Todas la seudoartrosis presentaban algún tipo de limitación del movimiento en articulaciones vecinas. Todos los pacientes con seudoartrosis o retardos de consolidación del tercio distal del húmero (11 en esta serie) presentaron rigidez de codo, con déficit de extensión promedio de 42°. Siete pacientes presentaron lesión del nervio radial asociada. Seis pacientes presentaban lesiones degenerativas en las articulaciones vecinas (cinco en el húmero proximal y uno en el codo). Un paciente presentó una lesión grave de las partes blandas circunferencial del tercio distal del brazo y codo cubierta con injerto libre de piel.

El tratamiento se basó en proveer estabilidad, contacto óseo viable con potencial osteogénico y estímulo funcional. La estabilización varió según el tipo y la ubicación de la seudoartrosis, la calidad ósea del húmero afectado, y con los avances en los conocimientos respecto de los factores biológicos y mecánicos que influyen en la consolidación ósea; en muchos casos las posibilidades económicas influyeron en la elección del tratamiento. La estabilización definitiva se realizó utilizando una placa en compresión en 14 pacientes (DCP de 4,5 mm en 10 pacientes y LC-DCP de 4,5 mm en 4 pacientes; en un caso la placa DCP fue asociada con tornillos interfragmentarios). Se utilizó el principio de placa puente en 8 pacientes (LC-DCP de 4,5 mm en cuatro casos y DCP de 4,5 mm en cuatro casos; en un caso se colocó la placa dejando el clavo endomedular que se utilizó para tratar la fractura inicial [Fig. 1] y en dos casos la placa puente fue asociada con tornillos interfragmentarios [Fig. 2]. Se utilizaron dos placas en 5 pacientes (en dos casos una placa DCP de 4,5 mm fue asociada con una placa de reconstrucción de huesos planos [Fig. 3], en dos casos se asoció una placa LC-DCP de 4,5 mm y una placa de reconstrucción de huesos planos, y en un caso se colocaron dos placas DCP de 4,5 mm). La estabilización se realizó utilizando un clavo placa de 90° en 3 pacientes (Fig. 4); una placa bloqueada de 4,5 mm (LCP) en 3 pacientes (Fig. 5); clavo endomedular anterógrado trabado en 7 pacientes; cerclaje de alambre asociado con clavo endomedular en un paciente; placa en onda (*wave plate*) asociada con el clavo endomedular de la cirugía previa en un paciente y tutor externo en un paciente. Se utilizó injerto óseo autógeno de cresta ilíaca en 33 casos, corticoesponjoso en 20 casos y esponjoso puro en 13 casos. En un paciente de 80 años con marcada osteoporosis se asoció la placa de osteosíntesis con injerto óseo molido de banco. No se utilizó injerto óseo en tres retardos de consolidación,

Tabla 1. Materiales y métodos

Pte	Edad	Tratamiento inicial	Tratamiento definitivo	Ubicación	Resultado (puntos)	Patología
1	31	CEM*	CEM + Cerclaje	Proximal	39	Retardo de consolidación
2	62	Placa	Placa bloqueada	Proximal	37	Retardo de consolidación
3	63	Ortopédico	Placa	Proximal	41	Retardo de consolidación
4	36	Placa	Placa	Proximal	38	Retardo de consolidación
5	16	Ortopédico	Clavo placa	Proximal	40	Retardo de consolidación
6	32	Ortopédico	Doble placa	Distal	38	Retardo de consolidación
7	56	Tres tornillos	Doble placa	Distal	40	Retardo de consolidación
8	23	Dos <i>rush</i>	Placa	Distal	41	Retardo de consolidación
9	64	Tutor externo	Placa	Distal	38	Retardo de consolidación
10	66	Tutor externo	Placa	Distal	28	Retardo de consolidación
11	60	Rush + Cerclaje	Placa	Distal	42	Retardo de consolidación
12	63	Ortopédico	Doble placa	Distal	38	Retardo de consolidación
13	47	Ortopédico	Placa puente + Torn. interfrag.**	Diafisaria	37	Retardo de consolidación
14	56	Ortopédico	Placa bloqueada	Diafisaria	37	Retardo de consolidación
15	67	Placa	Placa	Diafisaria	39	Retardo de consolidación
16	44	Ortopédico	CEM	Diafisaria	35	Retardo de consolidación
17	42	Placa	Placa puente	Diafisaria	42	Retardo de consolidación
18	48	Ortopédico	Placa + Torn. interfrag.	Diafisaria	39	Retardo de consolidación
19	24	CEM	CEM + Placa en onda	Diafisaria	37	Retardo de consolidación
20	52	CEM	Tornillos + Placa puente	Diafisaria	41	Retardo de consolidación
21	57	Ortopédico	Placa puente	Diafisaria	38	Retardo de consolidación
22	44	Ortopédico	CEM	Diafisaria	35	Retardo de consolidación
23	41	Ortopédico	CEM	Diafisaria	37	Retardo de consolidación
24	46	Ortopédico	CEM	Diafisaria	36	Retardo de consolidación
25	46	Placa	CEM	Diafisaria	31	Retardo de consolidación
26	55	Ortopédico	Placa puente	Diafisaria	43	Retardo de consolidación
27	69	Ortopédico	Placa + Cemento	Proximal	26	Atrófica
28	55	Ortopédico	Clavo placa	Proximal	33	Atrófica
29	68	Ortopédico	Placa bloqueada	Distal	35	Atrófica
30	76	Ortopédico	Clavo placa	Diafisaria	36	Atrófica
31	38	CEM	CEM + Placa puente	Diafisaria	38	Atrófica
32	59	Ortopédico	CEM	Diafisaria	31	Atrófica
33	80	Ortopédico	Placa	Diafisaria	36	Atrófica
34	19	Placa	Tutor externo	Distal	35	Hipertrófica infectada
35	36	CEM	Placa	Diafisaria	41	Hipertrófica. Antec. infección
36	24	CEM	Placa	Diafisaria	37	Hipertrófica. Antec. infección
37	46	Placa	Placa Puente	Diafisaria	40	Hipertrófica
38	29	Ortopédico	CEM	Diafisaria	39	Hipertrófica
39	14	Placa (reimplante)	Placa puente	Diafisaria	20	Hipertrófica infectada
40	38	Ortopédico	Placa	Proximal	41	Sinovial
41	26	Placa	Doble placa	Distal	36	Sinovial
42	33	Ortopédico	Doble placa	Distal	39	Sinovial
43	31	CEM (parálisis radial)	Placa + Transferencia tendinosa	Diafisaria	29	Sinovial

Referencias: *CEM: clavo endomedular; **Torn. interfrag.: tornillos interfragmentarios; Antec.: Antecedente.



Figura 1. Paciente varón de 38 años. **A y B.** Nueve meses del posoperatorio de una fractura diafisaria del húmero tratada con clavo endomedular bloqueado; dolor, y signos radiográficos de pseudoartrosis y diastasis a nivel del foco. **C y D.** Placa puente, moldeada al hueso, colocada luego de dinamizado el clavo endomedular, asociada con injerto óseo. Radiografías 12 meses después de la operación que muestran la consolidación de la pseudoartrosis.

en una pseudoartrosis atrófica donde se colocó en forma cerrada un clavo endomedular fresado, ni en las cinco pseudoartrosis hipertróficas.

En los casos estabilizados mediante reducción abierta y fijación interna con placa y tornillos se utilizó un abordaje anterolateral de Henry, visualizando y protegiendo el nervio radial. La exposición fue extendida proximalmente siguiendo el borde anterior del deltoides, llevando este músculo en sentido lateral y el bíceps hacia medial para exponer el tercio proximal del húmero. En las patologías distales este abordaje fue extendido entre el bíceps y el braquial anterior por dentro y el supinador largo por fuera en seis casos, mientras que en los cinco casos restantes se utilizó el abordaje posterior reflejando el tríceps y anclando junto con su inserción perióstica en el olécranon, protegiendo el nervio cubital.³⁰ Treinta y cuatro casos fueron estabilizados con placas y tornillos (en cinco casos se utilizaron dos placas), las cuales se colocaron en la cara lateral del húmero en 31 casos, en su cara posterior en siete casos, y en su cara interna en un caso (este último caso fue una pseudoartrosis infectada secundaria a un reimplante, en la cual se utilizó un abordaje medial para extraer la osteosíntesis de la cirugía inicial, realizar un amplio desbridamiento y colocar una placa puenteando el área afectada, junto con injerto óseo autógeno con antibiótico tópico). En los pacientes tratados con reducción abierta y fijación interna con placas y tornillos, el largo de las placas promedió

11 orificios (rango, 7 a 16) y el número de corticales tomadas por los tornillos promedió 14,5 (rango, 11 a 21). Los clavos endomedulares fueron colocados con el paciente en posición semisentada, anterógrados, fresados y trabados, primero se acerrojó a proximal, luego se realizó compresión desde el codo y manteniendo la compresión se efectuó el acerrojado distal.

De las seis pseudoartrosis hipertróficas, dos fueron estabilizadas mediante reducción abierta y fijación interna con placas en compresión, dos con placa puente, una con clavo endomedular fresado y una con tutor externo. En pseudoartrosis atróficas (7 casos) luego de la remoción de los implantes, y de todo tejido fibrótico, avascular y necrótico, se colocó clavo endomedular fresado en un caso y placas con tornillos en seis casos (placa en compresión en dos casos, placa bloqueada LCP en un caso, clavo-placa en dos casos y placa puente asociada con el clavo endomedular colocado en la cirugía primaria en otro caso); en un paciente con atrofia ósea acentuada fue necesario colocar cemento en los dos tornillos epifisometafisarios proximales para aumentar su estabilidad. En las pseudoartrosis sinoviales (4 casos) se realizó desbridamiento de la pseudoartrosis, decorticación de los fragmentos proximal y distal, apertura del conducto medular, remoción de la membrana sinovial, se envió material a anatomía patológica y bacteriología, y se estabilizó la pseudoartrosis con una placa en compresión en dos casos y con dos placas en dos casos.



Figura 2. A. Retardo de consolidación, cuatro meses de evolución, tratado inicialmente mediante tratamiento ortopédico. **B.** Reducción abierta y estabilización con dos tornillos interfragmentarios y placa de neutralización de bajo contacto (LC-DCP).

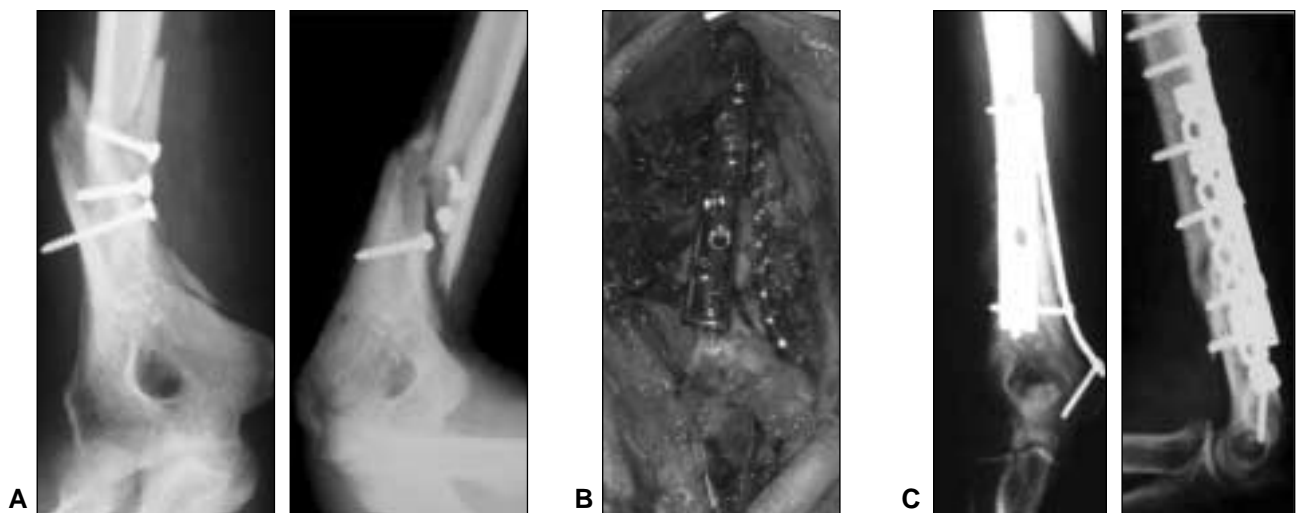


Figura 3. A. Seudoartrosis distal del húmero. Osteosíntesis insuficiente. **B.** Abordaje posterior. Osteosíntesis con doble placa a 90°. Injerto óseo autólogo. **C.** Radiografía a los 6 meses posoperatorios, con la seudoartrosis consolidada.

En los dos pacientes que presentaban infección activa, se realizó desbridamiento amplio, resección de implantes y de todo tejido necrótico, avascular e infectado y antibioticoterapia cultivo-específica; en un caso se utilizó tutor externo; en el segundo caso (secundario a un reimplante) se realizó amplio desbridamiento y nueva osteosíntesis con placa larga puentando el área afectada. En los otros dos pacientes con antecedentes de infección, pero sin evidencia clínica, de laboratorio o de cultivo intraoperatorio de ella, se colocó una placa de osteosíntesis en forma primaria. En los cuatro casos se utilizó injerto óseo autógeno esponjoso puro asociado con antibiótico tópico (vancomicina 2 g).

En los retardos de consolidación (26 casos) se colocó una placa de osteosíntesis en compresión en 8 pacientes (en un caso asociada con tornillos interfragmentarios); una placa colocada puentando el área afectada en 5 pacientes (dos asociadas con tornillos interfragmentarios); doble placa en 3 pacientes; una placa bloqueada (LCP) en 2 pacientes; un clavo placa en un paciente; una placa en onda asociada con el clavo endomedular de la cirugía previa en un paciente; un clavo endomedular en 5 pacientes; y en un paciente tratado en forma primaria con clavo endomedular por una fractura con pérdida ósea, se agregó en un segundo tiempo, injerto óseo corticoesponjoso a nivel de la pérdida ósea segmentaria y cerclaje de alambre.



Figura 4. Paciente mujer de 76 años. **A.** Seudoartrosis atrófica diafisaria. Tratamiento inicial ortopédico. **B.** Osteosíntesis con clavo placa largo. Un tornillo interfragmentario e injerto óseo. **C.** Radiografías a los cuatro meses de la operación. Seudoartrosis consolidada.

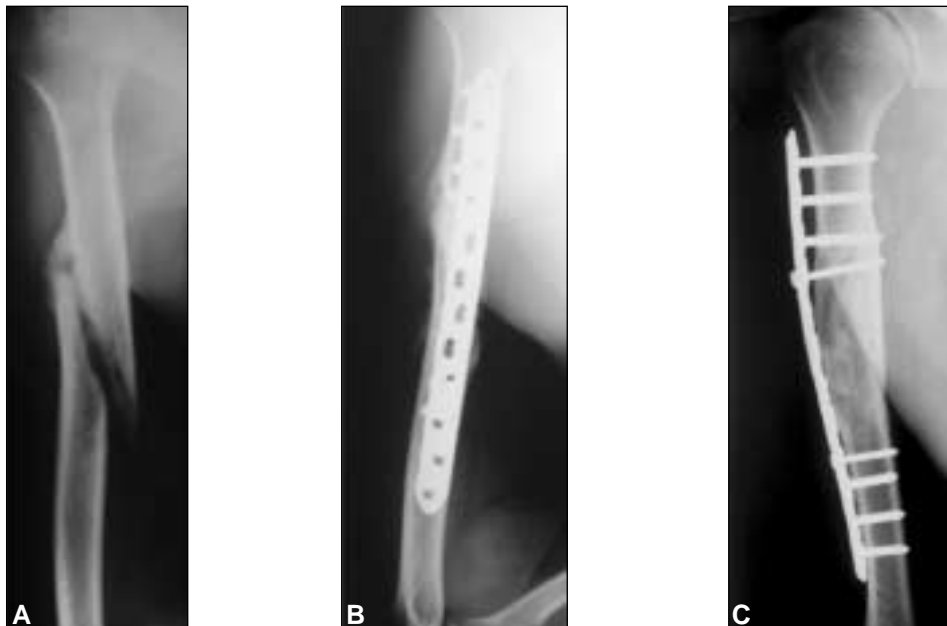


Figura 5. **A.** Retardo de consolidación diafisario, tratamiento inicial ortopédico, parálisis radial. **B y C.** Radiografías a los ocho meses de la operación, placa puente bloqueada e injerto óseo autólogo. Seudoartrosis consolidada.

En el posoperatorio se utilizó cabestrillo por cuatro semanas y se comenzó a las 24 horas con estímulo funcional del miembro, realizando ejercicios para mantener y recuperar la amplitud de movimiento del hombro, codo y mano. Se comenzó con ejercicios pendulares y ejercicios de movilización pasiva de hombro realizando flexión y abducción. Se realizaron ejercicios de fortalecimiento del bíceps y tríceps, crioterapia y magnetoterapia entre la sexta y octava semana. Se evitaron los movimientos

de rotación pasiva y activa, así como la carga de peso, hasta la consolidación. Los pacientes fueron evaluados en el último control según el sistema de 15 actividades del cuestionario de hombro de la American Shoulder and Elbow Surgeons Society (Tabla 2).^{29,31} Se consideró que la seudoartrosis o retardo de consolidación había consolidado cuando se evidenció callo óseo en la radiografía y el paciente refería ausencia de dolor a nivel de la lesión.

Resultados

El seguimiento promedió 7,1 años (rango, 8 meses a 19 años). La consolidación clínica y radiológica se logró en todos los casos, en un tiempo promedio de 4,5 meses (rango, 3 a 8). Ningún implante mostró signos de aflojamiento o rotura al último control. Los pacientes obtuvieron un puntaje funcional promedio de 36,7 puntos (rango, 20 a 43). En los pacientes con retardo de la consolidación (26 en esta serie), el puntaje promedió 38 puntos (rango, 28 a 43); y en los pacientes con pseudoartrosis (17 en esta serie), el puntaje promedió 34,8 puntos (rango, 20 a 41). En los pacientes con pseudoartrosis atrófica (7) se obtuvo un puntaje funcional promedio de 33,6 puntos (rango, 26 a 38 puntos); en las pseudoartrosis sinoviales (4) el puntaje promedió 36,25 puntos (rango, 29 a 41); mientras que las pseudoartrosis hipertróficas (5) presentaron un puntaje promedio de 35,3 puntos (rango, 20 a 41). El peor resultado funcional (20 puntos) se obtuvo en un joven con una pseudoartrosis diafisaria hipertrófica infectada secundaria a un reimplante; y el significativo déficit funcional se debió principalmente a la lesión nerviosa y muscular propia de todo reimplante a este nivel.

Todos los pacientes refirieron mejoría en cuanto al dolor y función del miembro afectado luego de la consolidación; ninguno presentaba inestabilidad. La rotación externa promedió 40° (rango, 10° a 65°). La elevación an-

terior promedió 125° (rango, 60° a 160°). Treinta y dos pacientes retornaron a sus tareas previas, 23 sin limitación y 9 con alguna limitación. Treinta y cuatro pacientes presentaban alguna dificultad para lavarse la espalda, esta dificultad era leve en 22 pacientes, moderada en 7, y 5 pacientes no podían realizar esta actividad. Seis de las siete parálisis del nervio radial tuvieron recuperación después de la neurlisis; en un caso la severidad de la lesión nerviosa no justificó su reparación y fue tratada mediante transferencia tendinosa (en un segundo tiempo, una vez obtenido el equilibrio tisular). La función continuó mejorando después de los 12 meses de consolidado el hueso y en relación directa con la actividad física desarrollada.

En los pacientes con lesión parcial del manguito rotador (6) y hombro congelado (uno), se logró una media de abducción de hombro de 120° (rango, 80° a 150°) y una media de flexión de 100° (rango, 85° a 115°). En los pacientes con rigidez de codo (11) se logró una media de flexión de 110° (rango, 85° a 130°) y la media de contractura en flexión fue de 17° (rango, 10° a 35°). Tres pacientes tratados con placa de osteosíntesis presentaron parálisis parcial del nervio radial luego de la cirugía, pero la función normal del nervio se recuperó antes de los tres meses posoperatorios. En cuatro pacientes estabilizados con placas y tornillos fue necesaria una segunda intervención para extraer el material de osteosíntesis. Un pacien-

Tabla 2. Evaluación funcional del miembro superior

Los pacientes fueron interrogados evaluando la función del miembro afectado.		
Actividades:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ponerse un saco. 2) Dormir sobre el lado afectado. 3) Lavarse la espalda. 4) Lavarse o peinarse el pelo. 5) Aseo personal. 6) Preparar la comida. 7) Alcanzar el hombro opuesto. 8) Alcanzar un estante alto. 9) Hacer girar una llave. 10) Abrir la tapa hermética de un frasco. 11) Transportar una bolsa de compras. 12) Transportar un objeto pesado. 13) Actividades domiciliarias. 14) Actividades recreativas. 15) Actividades de jardinería. 	
Resultados:	- Incapaz:	0 puntos
	- Muy dificultoso:	1 punto
	- Algo dificultoso:	2 puntos
	- Sin dificultad:	3 puntos
Máximo puntaje:	45 puntos	

te presentó celulitis en la zona de inserción del clavo endomedular a los siete días de la cirugía, que sea curó con antibioticoterapia oral. Ningún paciente presentó complicaciones a nivel del sitio dador de injerto óseo.

Discusión

Se debe reconocer y tratar precozmente todo proceso que interfiera en la consolidación de una fractura, para evitar llegar a una seudoartrosis. La localización más frecuente de retardos de consolidación y seudoartrosis en nuestra serie fue en el tercio medio de la diáfisis humeral, y la etiología fue un tratamiento quirúrgico primario inadecuado o fallido en 21 casos. Todas las seudoartrosis presentaban algún tipo de limitación del movimiento en las articulaciones vecinas (especialmente las metafisarias y las tratadas con yeso). El tiempo transcurrido entre la cirugía definitiva y la consolidación radiológica promedió 4,5 meses, similar a lo publicado por Wu⁵¹ (4,4 meses) e inferior a lo publicado por Healy¹⁷ y Barquet³ (5,6 y 6 meses respectivamente). La principal complicación en el tratamiento de retardos de consolidación y seudoartrosis de húmero es la lesión del nervio radial.^{3,17,23,26,31,34,36} En nuestra serie, tres pacientes presentaron neurapraxia del nervio radial y recuperaron la función del nervio antes de los tres meses. Las limitaciones de este estudio son las inherentes a todo estudio retrospectivo de una serie de casos, pero son difíciles de evitar debido a la baja frecuencia de la patología y la rápida evolución de las técnicas quirúrgicas.

Sólo después de un cuidadoso e individualizado plan preoperatorio, en el que se aplica la experiencia e imaginación, y con un detallado esquema de los pasos de la cirugía, se pueden esperar excelentes y buenos resultados del tratamiento quirúrgico; resultados pobres se deben a mala planificación, con fallas en la corrección de errores biológicos y/o mecánicos. En la planificación se valora el tipo y ubicación de la seudoartrosis, la calidad ósea, las partes blandas, la angulación del hueso y la función de las articulaciones vecinas. Las seudoartrosis hipertróficas se caracterizan por presentar extremos óseos bien vascularizados, con potencial osteogénico conservado y aceptable función; en ellas el problema principal es mecánico y se soluciona aportando estabilidad. En las seudoartrosis atróficas, los extremos óseos son poco vascularizados, tienen pobre contacto, son inestables, pueden asociarse con un defecto óseo, poseen poco potencial osteogénico y se asocian con una impotencia funcional significativa; el problema es biológico y mecánico, y necesita el aporte de biología y estabilidad. Las seudoartrosis sinoviales presentan una neoarticulación con características similares a la seudoartrosis atrófica; su tratamiento requiere resección de la seudoartrosis, apertura del conducto medular, corrección de la alineación del miembro, estabilización y aporte de biología.

Se describieron diferentes métodos para el tratamiento de los retardos de consolidación y las seudoartrosis humerales. Las técnicas quirúrgicas y los implantes en nuestra serie fueron cambiando de acuerdo con los avances de los conocimientos en biomecánica. Las nuevas técnicas de osteosíntesis tienen como objetivo reducir la lesión biológica mediante el manejo más cuidadoso de los tejidos blandos y la utilización de una fijación más flexible, para estimular la formación de callo óseo.³² La fijación flexible induce la formación de callo óseo y se obtiene realizando un puenteo del área de la lesión, lo cual evita daño adicional al aporte sanguíneo del hueso y reduce el área de necrosis y espacio muerto en el área de contacto de la placa y cerca de ella, disminuyendo así las posibilidades de infección. Diversos factores establecen las condiciones mecánicas a nivel de la seudoartrosis (controlando el movimiento interfragmentario): largo, perfil, diámetro y largo de trabajo (distancia entre los primeros dos tornillos a cada lado de la seudoartrosis) de la placa; número, posición, dirección y tipo de tornillos utilizados; tamaño del defecto, propiedades propias del material y superficie del hueso sobre la que se coloca el implante. Se obtiene una mejor distribución de las fuerzas entre la placa y el hueso cuando se emplean placas largas; cuanto más próximos a la seudoartrosis se coloquen los dos primeros tornillos (largo de trabajo), mayor será la estabilidad en compresión y torsión a nivel de la lesión, y menor la elasticidad. El contacto entre los extremos óseos aumenta la estabilidad del montaje (más aún si es amplio y hay compresión), disminuyendo la demanda en el implante. El acortamiento controlado del húmero (hasta 4 cm) es tolerado funcionalmente, y facilita el contacto óseo y la reparación de los tejidos blandos.

En lesiones diafisarias, numerosos autores sostienen que la fijación con placas en compresión es la osteosíntesis de elección,^{12,17,25,28,42-44} el uso de placas DCP, LC-DCP o LCP anchas de 4,5 mm requiere que se abra el foco, lo que aumenta la lesión de los tejidos blandos y el riesgo de infección;⁴² pero la rigidez que se obtiene con una placa de compresión proporciona el ambiente mecánico más adecuado para la consolidación. El uso de placa-puente^{5,37} larga tiene las ventajas de limitar la desperiostización y desvitalización de los fragmentos, disminuir el contacto y compresión entre la placa y el hueso a nivel de la seudoartrosis, y distribuir las fuerzas en una mayor extensión del húmero, permitiendo la formación de un callo óseo a modo de puente entre los extremos. Ring y Jupiter³⁸ obtuvieron consolidación en 14 de 15 pacientes con seudoartrosis atrófica y defecto óseo tratados con placa de osteosíntesis larga en onda; esta osteosíntesis es moldeada de forma de alejarla del foco de seudoartrosis, evitando su contacto, pero aumentando la flexibilidad; permite el crecimiento de vasos en el interior del hueso esponjoso y la colocación de injerto entre el foco y la placa, además reduce el peligro de rotura de la placa por fatiga, ya que distribuye las fuerzas de flexión sobre

una amplia área de la placa evitando la localización puntual del estrés. Gerber y cols.¹⁵ combinaron la placa en onda con injerto óseo autólogo para el tratamiento de seis pseudoartrosis diafisarias de húmero secundarias a enclavado endomedular, obtuvieron la consolidación en todos los casos, sin retirar el clavo colocado en la cirugía primaria. El enclavado endomedular en este tipo de lesiones es técnicamente difícil y la necesidad de abrir el foco está presente; por otra parte, la proximidad del nervio radial a la diáfisis humeral durante su recorrido por el canal de torsión lo expone a lesiones durante el fresado y enclavado a cielo cerrado.^{3,21,27,33,41,42} La utilización de clavo endomedular colocado en forma cerrada está contraindicada en toda pseudoartrosis asociada con una lesión nerviosa. En pseudoartrosis diafisarias recomendamos la estabilización con placas largas de 4,5 mm, con tornillos corticales, colocados en forma divergente (lo que incrementa la fuerza necesaria para su arranque) y que tomen 6 u 8 corticales en cada extremo.

En nuestra serie no hubo diferencias funcionales significativas entre los pacientes tratados con placas de osteosíntesis (promedio 37 puntos) y los pacientes tratados con clavo endomedular (promedio 35). Healy¹⁷ obtuvo resultados satisfactorios en 22 de 34 pseudoartrosis tratadas con fijación interna con placas, mientras que en los tratados con clavo endomedular, sólo dos de siete pacientes presentaron resultados satisfactorios. Sólo un paciente, en nuestra serie, fue tratado con tutor externo monoplanar, obteniéndose un resultado funcional final de 35 puntos. Diferentes autores publicaron el uso de fijador externo de Ilizarov para el tratamiento de pseudoartrosis de húmero; Lammens²⁶ en una serie de 30 pacientes, obtuvo buenos resultados en 25 pacientes, regulares en tres y pobres en dos pacientes; Patel,³¹ utilizando el mismo puntaje funcional que el de esta serie, logró un puntaje promedio de 31 puntos. Ambos coinciden en que son altas las tasas de lesiones nerviosas, infecciones en los pins y refracturas una vez retirado el fijador.

La rigidez en una articulación próxima a una pseudoartrosis aumenta la carga a nivel del foco de pseudoartrosis; es complejo realizar osteosíntesis estable en una zona de aumentada demanda funcional, cuando hay rigidez articular, uno de los segmentos óseos es corto y cuando la calidad ósea es mala. En retardos de consolidación y pseudoartrosis proximales, con el uso de clavo-placa de 90° se obtuvo un puntaje funcional promedio de 36,3 puntos; similar a los resultados publicados por Ring y Júpiter,⁴⁰ quienes informaron buenos o excelentes resultados en 20 de 25 pacientes tratados con clavo placa más injerto óseo autógeno; el clavo placa tiene la ventaja de proveer mayor estabilidad a la fijación. Scheck,⁴⁸ usando dos *rush* con cerclaje de alambre más injerto óseo corticoesponjoso, logró buenos resultados en cinco pacientes. Antuna¹ informó 25 pacientes con pseudoartrosis proximal de húmero tratados con hemiartroplastia (21 pacientes) o artroplastia total de hombro (4 pacientes); usando el puntaje de Neer,

13 de 25 pacientes presentaron resultados insatisfactorios, sin embargo, 20 pacientes refirieron mejoría de la función del hombro después de la cirugía. En pseudoartrosis metafisarias proximales las placas no deben llegar al extremo proximal del húmero para evitar la fricción subacromial.

En retardos de consolidación y pseudoartrosis distales, cuando la osteosíntesis con una placa es insuficiente, favorecemos la utilización de doble placa a 90°, moldeadas al hueso, pudiendo llegar distalmente por las columnas laterales (Fig. 3). En nuestra serie, cuando se utilizó estabilización con doble placa, se obtuvo un puntaje funcional promedio de 38 puntos. La doble placa es la osteosíntesis que provee mayor estabilidad mecánica; se la indica cuando hay pobre calidad ósea, cuando uno de los segmentos a estabilizar es corto, cuando persiste la inestabilidad después de colocada la primera placa o para contrarrestar grandes deformaciones.⁴⁴ La utilización de doble placa también permite disminuir el diámetro de las placas y de esa manera se reducen las molestias que producen cuando se las coloca superficialmente. Sanders y Sackett⁴⁷ informaron los resultados con reducción abierta y fijación interna con doble placa más injerto óseo autólogo en cinco pacientes; todos lograron curación entre los dos y tres meses después de la cirugía, sin embargo, lograron un arco de movilidad total del codo de sólo 88°. Cuando una placa es colocada distalmente en la columna lateral produce con frecuencia molestias locales, por su ubicación superficial, que hacen que deba ser retirada una vez consolidada la pseudoartrosis. En 9 pacientes, en los cuales el tornillo del extremo de la placa fue colocado en la epífisis, tomando una cortical para evitar su protrusión articular, se utilizó un tornillo de esponjosa de 6,5 mm; en siete casos dicho tornillo se colocó en la epífisis proximal y en dos casos, en la epífisis distal.

Se describieron distintas técnicas para mejorar la fijación interna en hueso osteoporótico, incluidas la utilización de placas largas moldeadas al hueso; la colocación de los tornillos en forma divergente; la utilización de doble placa o placa y clavo intramedular, la adición de cemento para incrementar la toma de los tornillos^{22,36} (un paciente en esta serie); la aumentación con planchas de aloinjerto;²⁰ el recambio de los tornillos corticales de 4,5 mm por tornillos de esponjosa de 6,5 mm; la aplicación de una placa endomedular;¹⁴ la utilización de placas de ángulo fijo²⁴ (tres casos en esta serie) (Fig. 4); o la estabilización con tornillos bloqueados a la placa, ya sea por la adición de Schuhli nuts® a placas estándares, o mediante la utilización de placas con orificios roscados llamadas placas de compresión bloqueadas (LCP)^{39,35,49} (tres casos en esta serie) (Fig. 5). Las placas LCP son fáciles de usar, retienen la capacidad de compresión de las placas estándares, permiten obtener una fijación adecuada y un alto porcentaje de consolidación, con una buena recuperación de la función, lo que las posiciona como el implante de elección actual en pseudoartrosis o retardos de consolidación atróficos o asociados con osteoporosis.

El agregado de injerto óseo está indicado en toda seudoartrosis atrófica, sinovial y en aquellas asociadas con defectos óseos. La incorporación del injerto óseo, ya sea autógeno o alogénico, depende de muchos factores: tipo de injerto óseo utilizado (autógeno, vascularizado o libre, o alogénico), el sitio al cual es trasplantado, la calidad del hueso trasplantado y del hueso receptor, la preparación del lecho receptor, las técnicas de preservación utilizadas y las propiedades mecánicas del injerto (dependen del tamaño, la forma y el tipo de injerto utilizado). El injerto óseo autógeno (utilizado en 33 pacientes en nuestra serie) es el mejor aporte biológico disponible, ya que es fresco, retiene células óseas vivas, no produce reacción inmunitaria y no transmite enfermedades, conservando sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras.^{4,10,42,46} Para lograr una mejor incorporación, el injerto óseo debe ser colocado en contacto con el hueso vivo, en un lecho vascularizado, y ser sometido a cierta demanda funcional. La utilización de injerto de peroné vascularizado está indicada en defectos segmentarios largos y en aquellos casos con un pobre lecho receptor;^{16,42} la utilización de esta técnica en el brazo es más compleja que su aplicación en el antebrazo y está asociada con un mayor porcentaje de complicaciones.¹⁹ La estimulación eléctrica y por ultrasonido son eficaces en retardos de consolidación y seudoartrosis hipertróficas, pero no lo son en seudoartrosis atróficas o en presencia de defectos óseos segmentarios.^{6,18,42} La inyección percutánea de médula ósea autógena aumenta el potencial osteogénico, y también, moléculas como la BMP, TGF- β y PDGF han demostrado experimentalmente tener capacidad osteoinductiva;^{7,13} las series publicadas con la utilización de OP-1¹³ son escasas, pero sus resultados son muy prometedores.

Conclusiones

Hay pocos factores locales que contraindiquen el tratamiento quirúrgico de una seudoartrosis de húmero. Es importante el diagnóstico y tratamiento precoz de estas

lesiones, ya que en nuestra serie se obtuvo un mejor puntaje funcional en pacientes con retardo de consolidación (promedio de 38 puntos) que en pacientes con seudoartrosis (promedio de 34,8 puntos). La cirugía debe ser planeada teniendo en cuenta el tipo y la ubicación de la seudoartrosis, así como la calidad ósea del húmero afectado. La base del tratamiento quirúrgico es preservar y aportar biología, proveer estabilidad mejorando el contacto óseo, y estimular en forma precoz y controlada la función.

Diferentes implantes proveen distintas condiciones biológicas y mecánicas para la consolidación. La elección del implante debe adaptarse a las características de la seudoartrosis (tipo, ubicación, calidad ósea). Existe una fina línea entre una fijación flexible que estimula la formación de callo óseo y acelera el proceso de consolidación, y una fijación inestable que, ante condiciones biológicas pobres, puede llevar a una falla en el hueso o en el implante. Cuando se realiza estabilización con placa, ésta debe ser colocada intentando disminuir o eliminar su contacto con el hueso, especialmente a nivel de la seudoartrosis; esto se obtiene utilizando placas de bajo contacto, moldeando la placa (placa-puente), o empleando placas con tornillos bloqueados (LCP). En seudoartrosis diafisarias recomendamos el uso de placas de bajo contacto de 4,5 mm, con tornillos que tomen al menos seis corticales en cada segmento; en seudoartrosis metafisarias proximales el uso de clavo-placa o placa bloqueada (LCP, Philos®) es de elección; y en seudoartrosis metafisarias distales priorizamos el uso de una placa de bajo contacto por la columna lateral, o de doble placa a 90°. En las seudoartrosis asociadas con osteoporosis se debe buscar la mejor interacción hueso-implante, para distribuir las fuerzas en forma óptima y evitar la concentración de fuerzas; esto se obtiene utilizando implantes con rigidez angular intrínseca (placa bloqueada, clavo-placa), y aumentando la resistencia al arranque del implante (alargando la placa y separando los tornillos, utilizando tornillos de mayor diámetro, colocando los tornillos en dirección divergente, o agregando metilmetacrilato en el orificio de los tornillos).

Referencias bibliográficas

1. **Antuna SA, Sperling JW, Sanchez-Sotelo J, et al.** Shoulder arthroplasty for proximal humeral nonunions. *J Shoulder Elbow Surg*;11(2):114-121;2002.
2. **Balfour GW, Mooney V, Ashby ME.** Diaphyseal fractures of the humerus treated with a ready-made fracture brace. *J Bone Joint Surg Am*;64(1):11-13;1982.
3. **Barquet A, Fernandez A, Luvizio J, et al.** A combined therapeutic protocol for aseptic nonunion of the humeral shaft: a report of 25 cases. *J Trauma*;29(1):95-98;1989.
4. **Borrelli JJr, Prickett WD, Ricci WM.** Treatment of nonunions and osseous defects with bone graft and calcium sulfate. *Clin Orthop*; (411):245-254;2003.
5. **Boyd HB.** The treatment of difficult and unusual nonunions, with special reference to the bridging of defects. *J Bone Joint Surg*;25:535-542;1943.

6. **Bray TJ.** A prospective, double-blind trial of electrical capacitive coupling in the treatment of nonunion of long bones. *J Bone Joint Surg Am*;77(5):809;1995.
7. **Cook SD, Baffes GC, Wolfe MW, et al.** The effect of recombinant human osteogenic protein-1 on healing of large segmental bone defects. *J Bone Joint Surg Am*;76(6):827-838;1994.
8. **Corley FG, Williams GR, Pearce JC, et al.** The management of nonunions of the humerus. *Instr Course Lect*;39:277-288; 1990.
9. **Court-Brown CM, Keating JF, Christie J, et al.** Exchange intramedullary nailing: its use in aseptic tibial nonunion. *J Bone Joint Surg Br*; 77(3):407-411;1995.
10. **Enneking WF, Eady JL, Burchardt H.** Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects. *J Bone Joint Surg Am*;62(7):1039-1058;1980.
11. **Flinkkilä T, Ristiniemi J, Hämäläinen M.** Nonunion after intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *J Trauma*;50(3): 540-544;2001.
12. **Foster RJ, Dixon GL Jr, Bach AW, et al.** Internal fixation of fractures and nonunions of the humeral shaft. Indications and results in a multi-center study. *J Bone Joint Surg Am*;67(6):857-864;1985.
13. **Friedlaender GE, Perry CR, Cole JD.** Osteogenic protein-1 (bone morphogenetic protein-7) in the treatment of tibial nonunions. *J Bone Joint Surg Am*;83-A (Suppl 1) (Pt 2):S151-S158;2001.
14. **Ganz R, Isler B, Mast J.** Internal fixation technique in pathological fractures of the extremities. *Arch Orthop Trauma Surg*; (10382):73-80;1984.
15. **Gerber A, Marti R, Júpiter J.** Surgical management of diaphyseal humeral nonunion after intramedullary nailing: wave plate fixation and autologous bone grafting without nail removal. *J Shoulder Elbow Surg*;12(4):309-313;2003.
16. **Gonzalez del Pino J, Del Valle EB, Lopez Graña G, et al.** Free vascularized fibular grafts have a high union rate in atrophic nonunions. *Clin Orthop*;(419):38-45;2004.
17. **Healy WL, White GM, Mick CA, et al.** Nonunion of the humeral shaft. *Clin Orthop*;(219):206-213;1987.
18. **Heckman JD, Ryaby JP, McCabe J, et al.** Acceleration of tibial fracture healing by non-invasive, low intensity pulsed ultrasound. *J Bone Joint Surg Am*;76(1):26-34;1994.
19. **Heitmann C, Erdmann D, Levin LS.** Treatment of segmental defects of the humerus with an osteoseptocutaneous fibular transplant. *J Bone Joint Surg Am*;84-A(12):2216-2223;2002.
20. **Hornicek F, Zych G, Hutson JJ, et al.** Salvage of humeral nonunions with onlay bone plate allograft augmentation. *Clin Orthop*;(386):203-209;2001.
21. **Ingman AM, Waters DA.** Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Implant design, surgical technique and clinical results. *J Bone Joint Surg Br*;76(1):23-29;1994.
22. **Järvinen M, Kannus P.** Injury of an extremity as a risk factor for the development of osteoporosis. *J Bone Joint Surg Am*; 79(2):263-276;1997.
23. **Jupiter JB.** Complex nonunion of the humeral diaphysis. *J Bone Joint Surg Am*;72(5):701-707;1990.
24. **Jupiter JB, Mullaji AB.** Blade plate fixation of proximal humeral non-unions. *Injury*;25(5):301-303;1994.
25. **Jupiter JB, Von Deck M.** Ununited humeral diaphyses. *J Shoulder Elbow Surg*;7(6):644-653;1998.
26. **Lammens J, Bauduin G, Driesen R, et al.** Treatment of nonunion of the humerus using the Ilizarov external fixator. *Clin Orthop*;(353):223-230;1998.
27. **Lin J, Chiang H.** Open exchange locked nailing in humeral nonunion after intramedullary nailing. *Clin Orthop*;(411):260-268; 2003.
28. **Marti RK, Verheyen CC, Besselaar PP.** Humeral shaft nonunion: evaluation of uniform surgical repair in fifty-one patients. *J Orthop Trauma*;16(2):108-115;2002.
29. **Matsen FAIII, Smith KL.** Effectiveness evaluation and the shoulder. In: Rockwood CA, Matsen FAIII. *The shoulder*. 2ª ed. Philadelphia: Saunders; 1998.pp.1313-1339.
30. **O'Driscoll SW.** The triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) approach for distal humeral fractures and nonunions. *Orthop Clin North Am*;31(1):91-101;2000.
31. **Patel VR, Menon DK, Pool RD, et al.** Nonunion of the humerus after failure of surgical treatment. Management using the Ilizarov circular fixator. *J Bone Joint Surg Br*;82(7):977-983;2000.
32. **Perren SM.** Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br*;84(8):1093-1110;2002.

33. **Pritchett JW.** Delayed union of humeral shaft fractures treated by closed flexible intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Br*; 67(5):715-718;1985.
34. **Pugh DM, McKee MD.** Advances in the management of humeral nonunion. *J Am Acad Orthop Surg*;11(1):48-59;2003.
35. **Ring D, Jupiter JB.** Internal fixation of the humerus with locking compression plates. *Tech Shoulder Elbow Surg*;4:169-174; 2003.
36. **Ring D, Perey BH, Jupiter JB.** The functional outcome of operative treatment of ununited fractures of the humeral diaphysis in older patients. *J Bone Joint Surg Am*;81(2):177-190;1999.
37. **Ring D, Jupiter JB, Sanders RA, et al.** Complex nonunion of fractures of the femoral shaft treated by wave-plate osteosynthesis. *J Bone Joint Surg Br*;79(2):289-294;1997.
38. **Ring D, Jupiter JB, Quinteros J, et al.** Atrophic ununited diaphyseal fractures of the humerus with a bony defect. Treatment by wave-plate osteosynthesis. *J Bone Joint Surg Br*;82(6):867-871;2000.
39. **Ring D, Kloen P, Kadzielski J, et al.** Locking compression plates for osteoporotic nonunions of the diaphyseal humerus. *Clin Orthop*;(425):50-54;2004.
40. **Ring D, McKee MD, Perey BH, et al.** The use of a blade plate and autogenous cancellous bone graft in the treatment of ununited fractures of the proximal humerus. *J. Shoulder Elbow Surg*;10(6):501-507;2001.
41. **Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, et al.** Locked nailing of humeral shaft fractures: experience in Edinburgh over a two-year period. *J Bone Joint Surg Br*;74(4):558-562;1992.
42. **Rodríguez-Merchan EC, Forriol F.** Nonunion: general principles and experimental data. *Clin Orthop*;(419):4-12;2004.
43. **Rodríguez-Merchan EC, Gómez-Castresana F.** Internal fixation of nonunions. *Clin Orthop*;(419):13-20;2004.
44. **Rubel IF, Kloen P, Campbell D, et al.** Open reduction and internal fixation of humeral nonunions: a biomechanical and clinical study. *J Bone Joint Surg Am*;84-A(8):1315-1322;2002.
45. **Saleh M, Royston S.** Management of nonunion of fractures by distraction with correction of angulation and shortening. *J Bone Joint Surg Br*;78(1):105-109;1996.
46. **Salkeld SL, Patron LP, Barrack RL, et al.** The effect of osteogenic protein-1 on the healing of segmental bone defects treated with autograft or allograft bone. *J Bone Joint Surg Am*;83-A(6):803-816;2001.
47. **Sanders RA, Sackett JR.** Open reduction and internal fixation of delayed union and nonunion of the distal humerus. *J Orthop Trauma*;4(3):254-259;1990.
48. **Scheck M.** Surgical treatment of nonunion of the surgical neck of the humerus. *Clin Orthop*;(167):225-259;1982.
49. **Sommer C, Gautier E, Muller M, et al.** First clinical results of the Locking Compression Plate (LCP). *Injury*;34(Suppl. 2): B43-B54;2003.
50. **Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE.** Nonunion of the humerus. *Clin Orthop*;(419):46-50;2004.
51. **Wu CC.** Humeral shaft nonunion treated by a Seidel interlocking nail with a supplementary staple. *Clin Orthop*;(326):203-208; 1996.