

Tratamiento quirúrgico de las pseudoartrosis asépticas de diáfisis humeral: ¿placa a compresión o clavo cerrojado?

D. Roca-Romalde^a, I. Proubasta-Renart^b, M. Llusá-Pérez^c, X. Espiga-Tuga^d, V.L. Caja-López^c e I. Gich-Saladich^e

^aSección de Traumáticos. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Clínico de Barcelona.

^bServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

^cServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Valle de Hebrón. Barcelona.

^dServicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Complejo hospitalario IMAS. Barcelona.

^eServicio de Epidemiología Clínica y Salud Pública. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

Objetivos. Comparar la placa a compresión con el clavo en-cerrojado, valorar el empleo del injerto óseo, valorar la utilidad de la cruentación y compresión del foco y determinar la existencia de factores pronóstico en el tratamiento quirúrgico de la pseudoartrosis aséptica de la diáfisis humeral.

Material y método. Se ha realizado un estudio clínico multicéntrico incluyendo retrospectivamente 54 pseudoartrosis asépticas de la diáfisis humeral intervenidas entre 1994 y 2003. Se analizaron tres grupos de factores (de filiación, asociados al traumatismo inicial y asociados a la técnica quirúrgica) y se estudió su relación estadística con la consolidación, el tiempo de consolidación y las complicaciones posoperatorias.

Resultados. La consolidación de la serie fue del 72,5% con un tiempo medio de consolidación de 21 semanas y un porcentaje de complicaciones del 20,4%. Han aumentado significativamente ($p < 0,05$) la consolidación: el tratamiento con clavo en las pseudoartrosis atróficas y con placa en las hipertroficas. Han acortado el tiempo de consolidación ($p < 0,05$) las fracturas inicialmente simples (tipo A) y las tratadas en principio de manera conservadora. Han disminuido las complicaciones posoperatorias ($p < 0,05$) aquellas fracturas inicialmente simples (tipo A).

Conclusiones. No existen diferencias entre los dos implantes estudiados en cuanto a consolidación, tiempo de consolidación y complicaciones, sin embargo, las pseudoartrosis atróficas obtienen mejores resultados con clavo y las hipertroficas con placa. El aporte de injerto no ha demostrado mejorar los resultados. El enclavado debe de realizarse a foco abierto para cruentar y comprimir el foco. No se han encontrado factores pronóstico.

Palabras clave: pseudoartrosis, húmero.

Surgical treatment of non-septic humeral diaphyseal non-unions: compression plate or locking nail?

Purpose. To compare the use of compression plates with locking nails, to assess the value of bone grafting, to assess the value of curettage and fracture site compression and to determine prognostic factors in the surgical treatment of non-septic humeral diaphyseal non-union.

Materials and methods. A retrospective multicenter clinical study was performed of 54 non-septic humeral diaphyseal non-unions surgically treated from 1994 to 2003. Three groups of factors were analyzed (patient characteristics, initial trauma and surgical technique) and their statistic relationship with achievement of union, time to union and postoperative complications.

Results. The series had a consolidation rate of 72.5% with a mean time to consolidation of 21 weeks and a complication rate of 20.4%. Factors that significantly increased union ($p < 0.05$) were: nailing in atrophied non-unions and plates in hypertrophied non-unions. Time to union was shorter ($p < 0.05$) in initially simple fractures (type A) and those initially treated conservatively. Postoperative complications decreased ($p < 0.05$) in initially simple fractures (type A).

Conclusions. No differences were found between the two implants studied as to union, time to union and complications. However, better results were seen with nailing in atrophied non-unions and plates in hypertrophied non-unions. The use of grafts was not seen to improve results. Open nailing must be carried out so as to perform curettage and compression of the fracture focus. No prognostic factors were identified.

Key words: non-union, humerus.

Correspondencia:

D. Roca Romalde. Hospital Clínico de Barcelona.

C/ Villarroel 170. 08036 Barcelona.

Correo electrónico: david.roca@aolumni.org

Recibido: agosto 2005.

Aceptado: marzo 2006.

La pseudoartrosis de la diáfisis humeral es un problema relativamente infrecuente si se tiene en cuenta que las fracturas diafisarias del húmero representan un 1% de las fracturas de todo el esqueleto y que sólo un 0-15% de éstas fracasan en su intento de consolidación¹⁻³. Sin embargo, aún hoy en día existe controversia en cuanto a su mejor tratamiento.

El tratamiento propuesto por los primeros autores ponía de manifiesto la importancia de tres conceptos básicos para la consolidación; cruentación del foco, aposición de extremos óseos y fijación rígida^{4,5}. Desde entonces no sólo ha evolucionado la técnica, sino que han variado los principios iniciales de tratamiento; se han colocado injertos óseos, factores de crecimiento, se ha aplicado estimulación eléctrica, ultrasonidos, y un sinnúmero de procedimientos que no han hecho más que demostrar que en realidad se trata de un problema complejo y sin una actitud terapéutica protocolizada.

La intención del presente estudio es valorar cuatro aspectos relacionados con la consolidación de la pseudoartrosis de la diáfisis humeral: la cruentación del foco y aposición de extremos óseos, el aporte de injerto óseo, la estabilización quirúrgica y los factores pronóstico.

MATERIAL Y MÉTODO

Se ha realizado un estudio clínico multicéntrico retrospectivo que ha incluido tres hospitales.

Se han revisado 272 casos tratados de pseudoartrosis de la diáfisis humeral entre el 1 de enero de 1994 y el 31 de diciembre de 2003 de los cuales se han incluido en el estudio 54. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: pseudoartrosis estrictamente de la diáfisis humeral; intervenidas entre los años mencionados (1994-2003); única placa válida: placa AO DCP® de 4,5 mm (Synthes, Paoli, USA); único clavo válido, cerrojado tipo Russell-Taylor® (Smith-Nephew, Memphis, TN).

Se han excluido del estudio las fracturas inicialmente patológicas, las pseudoartrosis sépticas y todas aquellas no tratadas con la placa o el clavo anteriormente especificados.

Con estos criterios se ha recogido una muestra con un 35,2% de hombres y un 64,8% de mujeres con una edad media de 55 años.

Los dispositivos de fijación incluidos en el estudio han sido la placa AO DCP® de 4,5 mm. (Synthes, Paoli, USA) y el clavo endomedular de Russel-Taylor® (Smith-Nephew, Memphis, TN), ambos de acero.

El aporte de injerto no tuvo lugar siempre, y cuando se realizó, se empleó injerto autólogo de cresta ilíaca unas veces y homólogo de banco de huesos en otras según las preferencias del cirujano.

La vía de abordaje empleada para la placa ha sido siempre anterolateral, a través del músculo braquial, o posterior entre las porciones larga y lateral del tríceps. La vía de

abordaje en el enclavado ha sido siempre anterógrada. La anestesia fue general en el 100% de los casos.

La rehabilitación pasiva de hombro y codo se inició en el posoperatorio inmediato, posponiéndose los movimientos de rotación hasta la tercera semana.

Durante el seguimiento posoperatorio se realizaron controles clínico-radiológicos mensuales los tres primeros meses y trimestrales desde el tercer mes hasta los dos años, fecha en la que se procedió al alta si no existieron complicaciones. La exploración clínica estudió la movilidad y dolor en el foco, así como la funcionalidad de las articulaciones adyacentes. La radiología se realizó en dos proyecciones; anteroposterior y lateral.

Se emplearon los criterios de consolidación clínicos de Chacha et al (1974)⁶ basados fundamentalmente en la movilidad del foco después de 16 semanas, y los criterios radiológicos y gammagráficos de Weber y Cech (1973)⁷.

El seguimiento se consideró completo hasta los dos años de posoperatorio, perdiéndose durante este tiempo tres casos; dos por desaparición y uno por éxitus.

Entre las complicaciones se establecieron cuatro grupos: a) lesión del nervio radial (en forma de paresia temporal o parálisis); b) limitación funcional del hombro: por lesión del manguito rotador; c) infección: superficial o profunda; d) fracaso de la síntesis: aflojamiento o rotura de la síntesis antes de la consolidación.

Se realizaron tres tipos de análisis estadístico: descriptivo, bivalente y multivalente. Se ha empleado el programa informático de análisis estadístico SPSS11.

El análisis descriptivo de la muestra ha dividido las variables de estudio en cuatro grupos: variables de filiación, relacionadas con el traumatismo inicial, relacionadas con la técnica quirúrgica y, finalmente, las relacionadas con los resultados:

1. *Variables de filiación*: edad (en años), sexo (hombre/mujer) y tipo de pseudoartrosis (atrófica/hipertrofica).

2. *Variables relacionadas con la fractura inicial*: tipo de fractura inicial (según clasificación AO) y tratamiento inicial de la fractura (conservador/quirúrgico).

3. *Variables relacionadas con la técnica quirúrgica*: tiempo entre fractura inicial y tratamiento de la pseudoartrosis (< 1/≥ 1 año), tratamiento de la pseudoartrosis (placa/clavo), aporte de injerto óseo (sí/no), tipo de injerto óseo (autólogo/homólogo/sin injerto), abordaje de la placa (anterolateral/posterior), tornillos en la placa (< 3/3/> 3 tornillos a cada lado del foco) y apertura del foco durante el enclavado (sí/no).

4. *Variables relacionadas con los resultados*: consolidación (sí/no), tiempo de consolidación (en semanas), complicaciones (lesión nervio radial/fracaso síntesis/limitación funcional hombro/infección).

En el análisis bivalente se han relacionado las variables consolidación, tiempo de consolidación y complicaciones independientemente con todas las demás, y se ha

establecido que esta relación sería estadísticamente significativa cuando $p < 0,05$. Las pruebas estadísticas empleadas para la búsqueda de significación estadística ($p < 0,05$) han dependido de las variables relacionadas; cuando fueron cualitativas se emplearon la prueba de chi cuadrado, y para variables cuantitativas análisis de la varianza (ANOVA)⁸. Entre las pruebas de chi cuadrado se han empleado la prueba exacta de Fisher para variables con dos valores, y razón de verosimilitud para variables con más de dos valores.

En el análisis multivariante se propone un análisis de regresión múltiple donde la variable dependiente es la consolidación y las variables independientes son: sexo, edad, tratamiento de la fractura inicial, tipo de pseudoartrosis, tratamiento de la pseudoartrosis y aporte de injerto.

RESULTADOS

La consolidación de la serie fue del 72,5% tras la primera cirugía, con un tiempo medio de consolidación de 21 (12-48) semanas y con un porcentaje de complicaciones del 20,4% (tabla 1).

Se han relacionado las variables (consolidación, tiempo de consolidación y complicaciones) de forma independiente con todas las demás. La consolidación se ha visto favorecida, significativamente ($p = 0,036$), cuando las pseudoartrosis atróficas eran tratadas con clavo y las hipertróficas con placa. No se han encontrado otros factores que modifiquen significativamente la consolidación (tabla 2). Disminuyó significativamente el tiempo de consolidación en aquellas pseudoartrosis que inicialmente fueron fracturas simples (tipo A) ($p = 0,048$) y que fueron tratadas conservadoramente ($p = 0,041$). El resto de las variables estudiadas no modificaron significativamente el tiempo de consolidación (tabla 3), aunque cabe destacar la mayor rapidez de consolidación de las pseudoartrosis atróficas (20 semanas) frente a las hipertróficas (25 semanas) con una significación de $p = 0,054$. Finalmente, el porcentaje de complicaciones de la serie fue del 20,4%. Las complicaciones después de la cirugía de la pseudoartrosis disminuyeron significativamente ($p = 0,025$) cuando la fractura inicial había sido simple (tipo A). No se han encontrado otros factores que modifiquen significativamente las complicaciones posoperatorias (tabla 4).

En la presente serie y con las variables incluidas en el análisis de regresión realizado, resultaron ser factores protectores de la consolidación: el sexo masculino, el tratamiento inicial conservador, el tipo de pseudoartrosis atrófica y el no aporte de injerto óseo. Se han encontrado dos factores de riesgo: la edad ≥ 60 años y el tratamiento con placa. Ninguno de los resultados obtenidos en el análisis multivariante ha sido estadísticamente significativo y no han podido ser extrapolados a la población general.

Tabla 1. Análisis descriptivo por frecuencias de la serie

Variables	Frecuencias
Sexo	Hombres (35,2%)/Mujeres (64,8%)
Edad media	54,87 años (18-91)
Fractura inicial	A (63%)/B (27,7%)/C (9,3%)
Tratamiento inicial fractura (TIF)	Conservador (46,3%)/Quirúrgico (53,7%)
Tiempo entre TIF y tratamiento pseudoartrosis	< 1 año (55,6%)/ ≥ 1 año (44,4%)
Tratamiento pseudoartrosis	Clavo (25,9%)/Placa (74,1%)
Aporte injerto	No (13%)/Sí (87%)
Tipo de injerto	Autólogo (27,8%)/Homólogo (59,2%)/Sin injerto (13%)
Tipo pseudoartrosis (TP)	Atrófica (77,8%)/Hipertrófica (22,2%)
TP y tratamiento pseudoartrosis	Atrófica-placa (61,1%)/Hipertrófica-placa (13%)/Atrófica-clavo (16,7%)/Hipertrófica-clavo (9,3%)
TP y aporte injerto	Atrófica-injerto (68,5%)/Atrófica-no injerto (9,2%)/Hipertrófica-injerto (18,5%)/Hipertrófica-no injerto (3,7%)
Abordaje placa	Anterolateral (75%)/Posterior (25%)
Tornillos placa	< 3 (5%)/3 (37,5%)/ ≥ 3 (57,5%)
Enclavado a foco abierto	Sí (71,4%)/No (28,6%)
Consolidación	Sí (72,5%)/No (27,5%)
Tiempo medio consolidación	21 semanas
Complicaciones	Fracaso síntesis (9,3%)/Lesión nervio radial (3,7%)/Infección (1,8%)/Limitación funcional hombro (5,6%)

Tabla 2. Porcentajes de consolidación y su significación

Variables	Consolidación (%)	p
Sexo	Hombres (83,3)/Mujeres (66,7)	0,326
Edad	< 60 años (84)/ ≥ 60 (61,5)	0,116
Fractura inicial	A (81,3)/B (50)/C (80)	0,098
Tratamiento inicial fractura (TIF)	Conservador (75)/Quirúrgico (70,4)	0,762
Tiempo entre TIF y tratamiento pseudoartrosis	< 1 año (76,7)/ ≥ 1 año (66,7)	0,529
Tratamiento pseudoartrosis	Clavo (70,3)/Placa (78,6)	0,730
Aporte injerto	No (85,7)/Sí (70,5)	0,370
Tipo de injerto	Homólogo (72,4)/Autólogo (66,7)/Sin injerto (85,7)	0,623
Tipo pseudoartrosis (TP)	Atrófica (74,4)/Hipertrófica (66,7)	0,715
TP y tratamiento pseudoartrosis	Atrófica + clavo (100)/Hipertrófica + placa (85,7)/Atrófica + placa (66,7)/Hipertrófica + clavo (40)	0,036
TP y aporte injerto	Atrófica+injerto (73,5)/Hipertrófica + injerto (60)/Atrófica sin injerto (80)/Hipertrófica sin injerto (100)	0,701
Abordaje placa	Posterior (90)/Anterolateral (63)	0,224
Tornillos placa	< 6 corticales (0)/6 corticales (66,7)/ ≥ 6 corticales (80)	0,060
Enclavado a foco abierto	Sí (90)/No (50)	0,176

Tabla 3. Tiempos de consolidación y su significación

Variables	Tiempo de consolidación (semanas)	p
Sexo	Hombres (19)/Mujeres (22)	0,184
Edad	< 0 años (20)/≥ 60 (22)	0,270
Fractura inicial	A (20)/B (20)/C (28)	0,048
Tratamiento inicial fractura (TIF)	Conservador (18)/Quirúrgico (23)	0,041
Tiempo entre TIF y tratamiento pseudoartrosis	< 1 año (20)/≥ 60 años (22)	0,439
Tratamiento pseudoartrosis	Clavo (23)/Placa (20)	0,167
Aporte injerto	No (19)/Sí (21)	0,417
Tipo de injerto	Homólogo (22)/Autólogo (20)/Sin injerto (19)	0,675
Tipo pseudoartrosis (TP)	Atrófica (20)/Hipertrófica (25)	0,054
TP y tratamiento pseudoartrosis	Atrófica + clavo (22)/Hipertrófica + placa (24)/Atrófica+placa (18)/Hipertrófica + clavo (26)	0,100
TP y aporte injerto	Atrófica + injerto (20)/Hipertrófica + injerto (26)/Atrófica sin injerto (18)/Hipertrófica sin injerto (20)	0,152
Abordaje placa	Posterior (23)/Anterolateral (18)	0,115
Tornillos placa	6 corticales (21)/> 6 corticales (19)	0,394
Enclavado a foco abierto	Sí (25)/No (20)	0,099

Tabla 4. Porcentajes de complicaciones y su significación

Variables	Complicaciones (%)	p
Sexo	Hombres (26,3)/Mujeres (17,1)	0,323
Edad	< 60 años (22,2)/≥ 60 (18,5)	1,000
Fractura inicial	A (8,8)/B (40)/C (40)	0,025
Tratamiento inicial fractura (TIF)	Conservador (16)/Quirúrgico (24,1)	0,346
Tiempo entre TIF y tratamiento pseudoartrosis	< 1 año (23,3)/≥ 1 año (16,7)	0,736
Tratamiento pseudoartrosis	Clavo (21,4)/Placa (20)	1,000
Aporte injerto	No (28,6)/Sí (19,1)	0,621
Tipo de injerto	Homólogo (15,6)/Autólogo (26,7)/Sin injerto (28,6)	0,582
Tipo pseudoartrosis (TP)	Atrófica (19)/Hipertrófica (25)	0,693
TP y tratamiento pseudoartrosis	Atrófica + clavo (22,2)/Hipertrófica + placa (28,6)/Atrófica + placa (18,2)/Hipertrófica + clavo (20)	0,898
TP y aporte injerto	Atrófica + injerto (16,2)/Hipertrófica + injerto (30)/Atrófica sin injerto (40)/Hipertrófica sin injerto (0)	0,416
Abordaje placa	Posterior (10)/Anterolateral (23,3)	0,653
Tornillos placa	< 6 corticales (50)/6 corticales (33,3)/> 6 corticales (8,7)	0,100
Enclavado a foco abierto	Sí (20)/No (25)	1,000

DISCUSIÓN

Estabilización del foco

La estabilización del foco es uno de los grandes pilares sobre los que se sustenta la consolidación de una pseudoartrosis. A lo largo de la historia se han realizado diferentes estudios comparativos con los sistemas de fijación empleados en cada momento⁹⁻¹¹. El cambio gradual de estos métodos con el tiempo hace difícil la comparación entre los diferentes estudios. Actualmente, la comunidad científica acepta tres métodos quirúrgicos de estabilización para una pseudoartrosis de la diáfisis humeral: la placa a compresión, el clavo endomedular y la fijación externa.

En el presente estudio se ha comparado la consolidación, el tiempo de consolidación y las complicaciones entre la placa AO DCP® (Synthes, Paoli,USA) y el clavo encerrojado Russell-Taylor® (Smith-Nephew, Memphis,TN).

Los primeros estudios comparativos desde la aparición de la placa AO fueron los de Loomer y Kokan¹¹ y Leyes et al³ donde el clavo empleado fue el de Küntscher. En ellos, los resultados fueron más favorables para la placa, probablemente por la ausencia de estabilidad rotacional que proporcionaba este tipo de clavo. La aparición de nuevos clavos con bloqueo proximal y distal (Seidel®, Russell-Taylor®, Orthofix®, ACE®, UHN®, etc...) supuso una nueva perspectiva en el tratamiento de la pseudoartrosis humeral. Martínez et al¹² compararon retrospectivamente el clavo UHN® (Synthes, Paoli,USA) y la placa AO DCP® (Synthes,

Paoli,USA), obteniendo un tiempo de consolidación y un porcentaje de complicaciones más favorables al clavo.

En el presente estudio se ha obtenido una consolidación tras la primera cirugía del 78,6% con clavo y del 70,3% con placa (p = 0,730), un tiempo de consolidación de 20 semanas con placa y 23 con clavo (p = 0,176) y un 20% de complicaciones con placa frente a un 21,4% con clavo (p = 1,000).

Cuando se relacionó independientemente el tipo de síntesis con la consolidación las diferencias no fueron significativas, sin embargo, cuando se asociaron las variables tipo de síntesis y tipo de pseudoartrosis y se relacionaron con la consolidación se observó que las hipertróficas consolidaban mejor con placa y las atróficas con clavo (p = 0,036) probablemente por los beneficios derivados de la mayor estabilidad conferida al foco en las hipertróficas por la placa^{13,14} y la mínima desvitalización proporcionada por el clavo en las atróficas.

Las diferencias de tiempo de consolidación según el implante no han sido significativas, pero como ya apuntaron Murray et al¹⁵, el tiempo de unión es proporcional al tamaño del «gap» óseo, por lo que resulta razonable pensar que con la placa a compresión, al existir un espacio menor que con el clavo, la unión es más rápida.

Como ya señalaron Lammens et al¹⁶, se ha podido comprobar en este estudio, aunque no de forma significativa, que el tratamiento con placa se asoció más frecuentemente a complicaciones como infección y lesión del nervio radial, mientras que el tratamiento con clavo se asoció más a menudo a molestias en el hombro por lesión del manguito rotador.

Aporte de injerto

El aporte de injerto ha sido, desde los primeros estudios sobre tratamiento de la pseudoartrosis de la diáfisis humeral, uno de los motivos de principal controversia^{4,5}. El estudio comparativo entre series se hace complejo al existir varios modos de aporte de injerto (*onlay graft, inlay graft, Barrel-Staff graft, dual onlay graft, etc.*) como expuso Hohl¹⁷ en 1965, y distintos tipos de injerto (autólogo u homólogo; cortical o de esponjosa). De ahí que, para comparar el aporte de injerto entre dos series, éstas deben haber sido sometidas a la misma técnica para no caer en un sesgo de información y posterior error de interpretación. En el presente estudio, el aporte de injerto se realizó en un 87% de los casos, un 27,8% fue autólogo de cresta ilíaca y el 59,2% restante homólogo criopreservado de banco de hueso. La consolidación fue mayor en el grupo sin injerto (85,6%) frente al grupo con injerto (70,5%) ($p = 0,370$). El tiempo medio de consolidación fue menor también en el grupo sin injerto (19 frente a 21 semanas) ($p = 0,417$). Incluso las atrofías consolidaron mejor sin injerto (80%) que con injerto (73,5%), ($p = 0,370$). Numerosos estudios han obtenido buenos resultados sin utilizar injerto^{6,15,16,18,19}, concluyendo que una buena compresión y estabilización del foco hace innecesario el aporte de injerto. En función de los resultados obtenidos podría afirmarse que el aporte de injerto no está justificado en el tratamiento de la pseudoartrosis de la diáfisis humeral ni por favorecer la consolidación, ni por acortar el tiempo medio de consolidación ni por disminuir el porcentaje de complicaciones, haciendo esta conclusión extensiva a ambos tipos de pseudoartrosis, hipertróficas y atrofías.

Apertura del foco

Mientras que los autores clásicos^{4,5} defendían la apertura del foco para cruentarlo y obtener unos bordes sangrantes, existen estudios con clavos o fijadores externos en la literatura en los que se obvia este gesto realizándose el tratamiento a foco cerrado^{16,18-21}. Los resultados a foco cerrado son más favorables al fijador externo que al clavo, lo cual hace sospechar que la capacidad de compresión que posee el fijador y de la cual carece el clavo desempeña un papel determinante en el proceso de consolidación. En el presente estudio se han comparado los enclavados a foco abierto y a foco cerrado para valorar la importancia de la apertura del foco. De los 14 clavos, 10 fueron abiertos y 4 cerrados. El grupo de los abiertos consolidó en un 90% frente al 50% de consolidación en los cerrados ($p = 0,176$). El tiempo medio de consolidación fue menor para los cerrados (20 semanas frente a 25 semanas de los abiertos) ($p = 0,099$) y la frecuencia de complicaciones fue similar en ambos grupos (20% abiertos y 25% cerrados) ($p = 1,000$). En la literatura, los resultados obtenidos de las series tratadas con clavo a foco cerrado han sido peores que los de las tra-

tadas a foco abierto. Algunos autores han presentado series con clavos sin abrir el foco con resultados mediocres, tanto si el clavo era no encerrojado²², como si se encerrojaba^{18,23}. Sin embargo, los trabajos con clavos y apertura del foco siempre han tenido porcentajes de consolidación por encima del 80%^{9,13,16}.

La compresión del foco tiene un papel determinante en la consolidación de la pseudoartrosis de la diáfisis humeral. La fijación externa permite una buena compresión del foco sin abrirlo obteniéndose resultados aceptables^{16,19}, sin embargo, los clavos sin capacidad de compresión hacen indispensable la apertura del foco para conseguir una buena aposición de bordes.

Las grandes ventajas de abrir el foco, como son, resecar tejidos desvitalizados, conseguir unos bordes sangrantes, no bloquear el clavo hasta que los bordes están en contacto y la comprobación *in situ* de la estabilidad del montaje, se ven compensadas por sus posibles inconvenientes (la infección y la lesión del nervio radial), que en la presente serie no han tenido lugar en ninguno de los clavos a foco abierto.

El diseño de nuevos clavos con capacidad de compresión como el UHN® (Synthes, Paoli, USA) quizá modifique en un futuro los conceptos en cuanto a estabilización y apertura del foco.

Factores pronóstico

Se ha estudiado la relación entre los resultados y algunos factores relacionados con el tipo de lesión y su tratamiento, para indicar su valor pronóstico (tablas 2, 3 y 4). Entre los factores de filiación o caracterización, el sexo y la edad no han modificado significativamente el pronóstico de la enfermedad tras el tratamiento quirúrgico como ya habían descrito Nolte et al²⁴ y Garland et al²⁵; sin embargo, el tipo de pseudoartrosis atrofica ha consolidado más rápido (20 semanas) que la hipertrófica (25 semanas) ($p = 0,05$). De los factores relacionados con la fractura inicial se ha podido comprobar que las fracturas inicialmente más complejas (tipos B y C) consolidaron más lentamente ($p = 0,048$) y con más complicaciones ($p = 0,025$) que las simples (tipo A) tras la cirugía de la pseudoartrosis. Asimismo, el tratamiento inicial de la fractura también ha influido en el tiempo de consolidación tras la cirugía de la pseudoartrosis, siendo menor para aquellas fracturas tratadas inicialmente de forma conservadora frente a las tratadas quirúrgicamente ($p = 0,041$). Algunos autores^{26,27} afirman que el tratamiento quirúrgico de la fractura inicial fracasa más a menudo que el tratamiento conservador, sin embargo, en la serie que aquí se presenta se ha comprobado que no sólo no existe ninguna pseudoartrosis procedente de tratamiento con placa de la fractura inicial, sino que los fracasos procedentes de tratamiento inicial quirúrgico fueron por empleo de síntesis inestables o mala técnica quirúrgica, como ya habían destacado Loomer y Kokan¹¹ con anterioridad.

Entre los factores relacionados con la técnica quirúrgica, el tiempo entre traumatismo inicial y el tratamiento de la pseudoartrosis ha sido estudiado por Loomer y Kokan¹¹ sin encontrar ninguna relación entre esta variable y la consolidación después del tratamiento de la pseudoartrosis. En la serie estudiada tampoco se han hallado diferencias significativas entre los intervenidos antes y después de un año del traumatismo en cuanto a porcentaje de consolidación, tiempo de consolidación y complicaciones. No obstante, parece del todo innecesario mantener a los pacientes largos períodos de tiempo con impotencia funcional, y en algunas ocasiones dolor, a la espera de una consolidación que es sabido que no va a llegar.

El anclaje con más de 3 tornillos o 6 corticales a cada lado del foco ha resultado favorecer la consolidación frente al anclaje con 3 o menos de 3 tornillos, con una significación de $p = 0,052$. Esta ventaja ya había sido apuntada por Gracia et al²⁷ y Leyes et al³ previamente. El tiempo de consolidación también ha sido más rápido en este grupo de más de 3 tornillos aunque no de forma significativa. La vía de enclavado fue para todos los casos anterógrada, presentándose dos complicaciones por limitación funcional del hombro (14,28%), lo que está dentro de los rangos habituales cuando se emplea esta vía^{14,28}.

En conclusión, no existen diferencias significativas entre los dos implantes estudiados respecto a la consolidación, tiempo de consolidación y complicaciones. Sin embargo, el tipo de pseudoartrosis ha resultado condicionar la elección de la síntesis, ya que las atróficas obtienen mejores resultados con el clavo y las hipertróficas con la placa.

En el tratamiento de la pseudoartrosis diafisaria humeral, el aporte de injerto no ha demostrado aumentar la consolidación. Tampoco ha modificado el tiempo medio de consolidación ni el porcentaje de complicaciones.

La compresión del foco es uno de los gestos determinantes de la consolidación de la pseudoartrosis en la diáfisis humeral, por lo que el enclavado endomedular con clavos sin capacidad de compresión debe de realizarse a foco abierto con esta finalidad.

Entre los factores pronósticos estudiados, las fracturas inicialmente fueron simples (tipo A) y su tratamiento inicial conservador, han demostrado reducir el tiempo de consolidación. Las fracturas inicialmente simples han demostrado disminuir también la frecuencia de complicaciones después del tratamiento de la pseudoartrosis.

BIBLIOGRAFÍA

- Rommens PM, Endrizzi DP, Blum J, White RR. Húmero: diáfisis. En: Rüedi TP, Murphy WM, editores. Principios de la AO en el tratamiento de las fracturas. Barcelona: Masson SA; 2003. p. 295-309.
- Healy WL, White GM, Mick CA, Brooker AF Jr, Weiland AJ. Nonunion of the humeral shaft. Clin Orthop. 1987;219:206-13.
- Leyes M, Muñoz G, Mir P, Gamelas J, D'angelo F, Valentí JR, et al. Tratamiento quirúrgico de la pseudoartrosis diafisaria de húmero. Estudio multicéntrico. Rev Ortop Traumatol. 1997;42:411-7.
- Bennett G. Fractures of the humerus with particular reference to non-union and its treatment. Ann Surg. 1936;103:994-1006.
- Campbell W. Ununited fractures of the shaft of the humerus. Ann Surg. 1936;105:135-49.
- Chacha P. Compression plating without bone grafts for delayed and non-union of humeral shaft fractures. Injury. 1974;5:283-90.
- Weber BG, Cech O. Pseudoartrosis. Barcelona: Editorial científico-médica; 1986. Traducción de 1.ª ed. Berna: Hans Huber; 1973.
- Quesada V, Isidoro A, López LA. Curso y ejercicios de estadística. Aplicación a las Ciencias Biológicas, Médicas y Sociales. Madrid: Alambra Longman Editorial; 1982.
- D'Aubigne R. Surgical treatment of non-union of long bones. J. Bone Joint Surg. 1949;31:256-66.
- Hindmarsh J, Unander-Sharin L. Osteosynthesis in pseudarthrosis of the humerus diaphysis. Acta Orthop Scand. 1962;32:120-31.
- Loomer R, Kokan P. Non-union in fractures of the humeral shaft. Injury. 1976;7:274-78.
- Martínez AA, Cuenca J, Herrera A. Treatment of humeral shaft nonunion: nailing versus plating. Arch Orthop Trauma Surg. 2004;124:92-5.
- Pugh DM, McKee MD. Advances in the management of humeral nonunion. J Am Acad Orthop Surg. 2003;11:48-59.
- Rodríguez-Merchán EC, Gómez-Castresana F. Internal fixation of nonunions. Clin Orthop Relat Res. 2004;419:13-20.
- Murray W, Donal L, Inman V. Treatment of non-union of the fractures of the long bones by the two-plate method. J. Bone Joint Surg Am. 1964;46A:1027-48.
- Lammens J, Bauduin G, Driesen R, Moens P, Stuyck J, De Smet L, et al. Treatment of nonunion of the humerus using the Ilizarov external fixator. Clin Orthop Relat Res. 1998;353:223-30.
- Hohl M. Treatment of ununited fractures of the long bones. Surgical treatment and technique. J Bone Joint Surg Am. 1965;47A:179-90.
- Dujardin FH, Mazirt N, Tobenas AC, Duparc F, Thomine JM. Failure of locked centromedullary nailing in pseudarthrosis of the humeral diaphysis. Rev Chir Orthop. 2000;86:773-80.
- Patel VR, Menon DK, Pool RD, Simonis RB. Nonunion of the humerus after failure of surgical treatment: management using the Ilizarov circular fixator. J Bone Joint Surg Br. 2000;82B:977-83.
- Ostrum RF, Chao EYS, Bassett CAL, Brighton CT, Einhorn TA, Lucas TS, et al. Lesión, regeneración y reparación óseas. En: Sheldon S, editor. Ciencias básicas en ortopedia. Volumen I. Traducción al español de la publicación de la American Academy of Orthopaedic Surgeon. Barcelona: Medical Trens SL; 1998. p. 289-333.
- Martínez AA, Herrera A, Pérez JM, Cuenca J, Martínez J. Treatment of humeral shaft nonunion by external fixation: a valuable option. J Orthop Sci. 2001;6:238-41.
- Christensen N. Küntscher intramedullary reaming and nail fixation for non-union of the humerus. Clin Orthop. 1976;116:222-6.
- Flinkkilä T, Ristiniemi J, Hämäläinen M. Nonunion after intramedullary nailing of humeral shaft fractures. J Trauma. 2001;50:540-4.
- Nolte PA, van der Krans A, Patka P, Janssen IM, Ryaby JP, Albers GH. Low-intensity pulsed ultrasound in the treatment of nonunions. J Trauma. 2001;51:693-703.

25. Garland DE, Moses B, Salyer W. Long-term follow-up of fracture nonunions treated with PEMFs. *Contemp Orthop*. 1991;22:295-302.
26. Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE. Nonunions of the humerus. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;419:46-50.
27. Gracia I, del Pozo P, Ruiz A, Fernández A, Cáceres E. Tratamiento quirúrgico de las pseudoartrosis de húmero. *Rev Ortop Traumatol*. 1995;41:247-51.
28. Strothman D, Templeman D, Varecka T, Bechtold J. Retrograde nailing of humeral shaft fractures: a biomechanical study of its effects on the strength of the distal humerus. *J Orthop Trauma Surg*. 2000;14:101-4.

Conflicto de intereses. Los autores no hemos recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Por otra parte, ninguna entidad comercial ha pagado ni pagará a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estamos afiliados.