

Pseudoartrosis de la diáfisis del húmero

Medina Macías, S.M.; Chirino Cabrera, A.; Navarro Navarro, R.; Medina Henríquez, J.A.; Marcos García, A.; Navarro García, R.

Unidad de Mano, Miembro Superior y Nervios Periféricos. Servicio de COT del Hospital Universitario Insular de Gran Canaria.

Definición

El tiempo normal para la consolidación completa de una fractura de la diáfisis del húmero es de 8 a 10 semanas (2-2 ¹/₂ meses) (1, 6, 15). Aunque Foster y cols. definieron el **retardo de consolidación** y la pseudoartrosis como una falta de consolidación en 4 y 8 semanas respectivamente (8), las fracturas de la diáfisis humeral que no muestran evidencia clínica de consolidación en 8 a 12 semanas (2-3 meses) se consideran retardo de consolidación y pueden evolucionar a la **pseudoartrosis** (15). Las fracturas clínicamente no consolidadas y que muestran radiológicamente esclerosis o pseudoartrosis en 3 meses y todas las fracturas que no están consolidadas a los 8 meses se consideran pseudoartrosis (5, 15).

Se considera **retardo de consolidación** cuando ésta se produce más lentamente que lo clínicamente esperado según la localización y el tipo de fractura, mientras que en la pseudoartrosis el foco de fractura ha dejado de mostrar cualquier signo de consolidación, lo que se comprueba por la persistencia de las líneas de fractura, esclerosis de los extremos óseos, espacio vacío sin hueso, ausencia de callo o aparición de un callo hipertrófico.

El que el retardo de consolidación sea un proceso fisiopatológico en marcha hacia un fin normal, como es el callo óseo, y el que la pseudoartrosis sea en cambio un proceso terminal, cual es la cicatriz fibrosa definitiva e irreversible, determina un pronóstico y un tratamiento totalmente diferentes.

Etiología

La causa de un retardo de consolidación o pseudoartrosis es a

menudo multifactorial (20, 26), aunque la inestabilidad y las alteraciones de la vascularización se consideran los factores más importantes.

- Falta de inmovilización perfecta e ininterrumpida.
- Inestabilidad (p.e: osteosíntesis con placa de una fractura simple o con un fragmento en cuña sin compresión interfragmentaria, fracturas complejas fijadas con clavo) (Figuras 1 y 2).
- Insuficiente vascularización de los segmentos óseos comprometidos (necrosis avascular). Todas las fracturas producen, en un cierto grado, la interrupción de la vascularización del hueso y de los tejidos blandos, y cuánto más alta sea la energía del traumatismo mayor será la lesión vascular y, a su vez, el tratamiento quirúrgico puede ocasionar más lesiones vasculares.

- Separación excesiva de los fragmentos óseos.
- Interposición de partes blandas (masas musculares).
- Fractura de hueso patológico.
- Enfermo no colaborador: plan de tratamiento compatible con la personalidad del paciente y su estilo de vida; hábito de fumar, dieta inadecuada y otras posibles circunstancias adversas (24).
- Neuropatías: parece existir una relación entre la consolidación de la fractura y la función neurológica normal; diabetes, paraplejia, alcoholismo crónico, espina bífida, siríngomelia y lepra, pueden alterar la sensibilidad propioceptiva protectora que limita la capacidad del paciente para controlar p.e. la carga durante la marcha. También las lesiones graves de los tejidos blandos de la zona afectada puede conducir a una pérdida de la



FIGURA 1

Inmovilización incorrecta con alineación inadecuada de una fractura de la diáfisis humeral.



FIGURA 2

Inestabilidad de una fractura tratada con un enclavamiento tipo Hackethal.

sensibilidad que comprometa el ya afectado proceso de consolidación.

- Infecciones, que constituyen un capítulo aparte en las pseudoartrosis, como es el de las pseudoartrosis sépticas, y que son frecuentes en caso de fracturas abiertas.

Fisiopatología

La PSEUDOARTROSIS es la falta de consolidación definitiva de una fractura. Se trata de un *proceso francamente patológico* y corresponde a la formación de una cicatriz definitiva del foco de fractura, por medio de un tejido fibroso no osificado; el proceso es irreversible y definitivo. El tejido cicatricial, fibroblástico en sí mismo, es normal y constituye una excelente cicatriz fibrosa; lo anormal está en que en el proceso mismo no hubo integración osteoblástica que le confiriera al tejido cicatricial fibroso, la solidez propia del tejido óseo, indispensable para cumplir con su función específica, siendo su principal causa la falta de inmovilización de la fractura o inestabilidad.

Si durante el tratamiento no llega sangre suficiente al foco de fractura, el tiempo de formación del callo óseo puede demorar en presentarse, entonces estamos ante una complicación de RETARDO DE CONSOLIDACIÓN.

Corresponde a un *proceso de osteogénesis reparativa normal* en cada una de sus diferentes etapas evolutivas, pero en el cual la velocidad con que estas etapas se van sucediendo, es *más lenta que lo normal*. Existen factores que disminuyen la velocidad del proceso, pero éste prosigue su marcha hacia la consolidación en forma normal; de tal modo que si se permite su evolución natural, si no concurren circunstancias especialmente entorpecedoras del proceso fisiopatológico reparativo, la consolidación llegará a establecerse en forma definitiva y normal.

De todas sus posibles causas, sólo la inmovilización inadecuada, interrumpida, quizás sea la única que, por sí sola, es capaz de generar una pseudoartrosis; las demás, de existir, sólo lograrán alterar la velocidad del proceso os-

teogénico de reparación ósea (retardo de consolidación); pero si, pese a todo, se persiste en la inmovilización ininterrumpida y perfecta por el tiempo que sea necesario, la consolidación se realizará en forma correcta, a pesar de que persistan algunas de las causas señaladas.

Pero si, por el contrario, en estas circunstancias, en que el foco de fractura está evolucionando con un retardo de consolidación, hay abandono de la inmovilización (retiro precoz del yeso por ejemplo) o ésta se mantiene en forma deficiente (yeso quebrado) o poco continente, o se interrumpe una y otra vez (cambios de yesos), etc., el proceso de reparación se detiene, el tejido osteoide de neo-formación involuciona a tejido fibroso y el proceso desembocará con seguridad en una pseudoartrosis.

Incidencia de las pseudoartrosis de húmero

La pseudoartrosis de húmero corresponde a 15% de las pseudoartrosis en general (3), y ocupa el tercer lugar en frecuencia por localización, precedido por la tibia y el fémur.

La incidencia de pseudoartrosis en fracturas cerradas varía del 0 al 5% cuando se utilizan las técnicas actuales de tratamiento conservador (1, 11, 15, 23, 27), mientras que la incidencia de pseudoartrosis después de un tratamiento abierto varía entre el 0 y el 13% (2, 4, 6, 7, 8, 18, 22, 25). También se ha encontrado una incidencia del 33% de retardo de consolidación y pseudoartrosis en fracturas abiertas de la diáfisis humeral que aumenta hasta el 39% después de la reducción abierta y fijación interna (22).

Las pseudoartrosis de las fracturas de la diáfisis humeral se producen más frecuentemente en las fracturas transversales o conminutas del tercio medio, fracturas con distracción o interposición de tejidos blandos, fracturas abiertas, infección y fracturas tratadas con fijación interna (mala técnica) (10, 17). También en otro estudio (12) se encontró una mayor incidencia en alcohólicos crónicos.

En un estudio publicado recientemente en este año 2003,

por el servicio de COT del Hospital Universitario Miguel Servet y en colaboración con la Universidad de Zaragoza (14), sobre los factores predictivos de la pseudoartrosis de húmero en fracturas cerradas diafisarias, concluyen que la presencia de una angulación mayor de 10°, una diástasis mayor de 5 mm, una distancia interfragmentaria mayor de 10 mm y una ausencia de contacto entre los fragmentos, son factores de mal pronóstico en cuanto a la consolidación de las fracturas de húmero. Sin embargo, no encontraron una relación significativa entre la edad, el sexo, la localización, el tipo de fractura, el tratamiento quirúrgico u ortopédico, el acortamiento, y la aparición posterior de pseudoartrosis de húmero. Por otro lado, cuando analizaban la combinación de variables, según una regresión logística, lo que producía un porcentaje mayor de aciertos, observaron que factores que no eran revelantes cuando se estudiaban por separados sí influían en la aparición posterior de pseudoartrosis de húmero, aunque no de forma significativa, siendo la combinación de variables más efectiva la que incluía la angulación, la diástasis, la edad y el sexo.

Los resultados obtenidos eran válidos tanto para el tratamiento incruento como cruento, aunque los factores radiológicos estudiados se daban fundamentalmente en tratamientos conservadores y enclavados. Así cuanto menor fuera la angulación y la diástasis tras el tratamiento conservador o el enclavado, mayor sería la probabilidad de consolidación.

En su serie tampoco encontraron una relación significativa entre la aparición de pseudoartrosis y el tipo de fractura o la localización de la misma. Concluyen que sea cual sea el tratamiento utilizado, el tipo de fractura y su localización, es conveniente obtener una alineación lo más correcta posible y evitar la diástasis. Cuando esto no se consigue hay que sospechar que existe entre los fragmentos una interposición, y actuar en consecuencia, realizando una reducción abierta y una estabilización de la fractura para

obtener una alineación y contacto adecuados y así evitar la pseudoartrosis.

Clasificación

Retardo de consolidación (16)

En los retardos de consolidación existen claros signos clínicos y radiológicos del proceso de curación de la fractura que se ha prolongado un tiempo superior al normal.

Clínicamente, la extremidad fracturada se presenta con inflamación, enrojecimiento y calor local, siendo los análisis de laboratorio normal (VSG, PCR y recuentos leucocitarios). La movilización y la carga parcial son dolorosas, así como existe una movilidad anormal y dolorosa en el foco de fractura, además de falta de seguridad en el apoyo.

En la Radiografía, se observa descalcificación de los extremos óseos, el canal medular (opérculo) no está cerrado, el contorno de los extremos óseos permanece descalcificado (no hay fibrosis marginal) y se suelen encontrar sombras de calcificaciones en partes blandas en torno al foco de fractura, signo de la existencia de un callo óseo incipiente (Figura 3).

La radiografía puede mostrar la movilización o fracaso del implante por la existencia de un ensanchamiento de la línea de fractura y por la formación de un "callo reactivo".

La fase inicial del Tratamiento puede ser no quirúrgica, ya que reduciendo los esfuerzos mecánicos sobre el foco de fractura y disminuyendo la carga con la colocación de un yeso durante 6 semanas se puede conducir la respuesta local hacia la consolidación. La progresión de la consolidación, comprobada en radiografías repetidas con intervalos de 3 a 6 semanas, constituye el mejor indicio del éxito del tratamiento no operatorio.

Si durante este período aparecen signos de movilización, rotura del implante o ausencia de consolidación, debe pasarse a un tratamiento quirúrgico.

Pseudoartrosis diafisarias (16)

Clínicamente, el foco de fractura es indoloro o poco doloroso. Hay una movilidad anormal en el



FIGURA 3

Retardo de Consolidación de Húmero.



FIGURA 4

Pseudoartrosis de Húmero.



FIGURA 5

Pseudoartrosis Hipertrófica de Húmero.

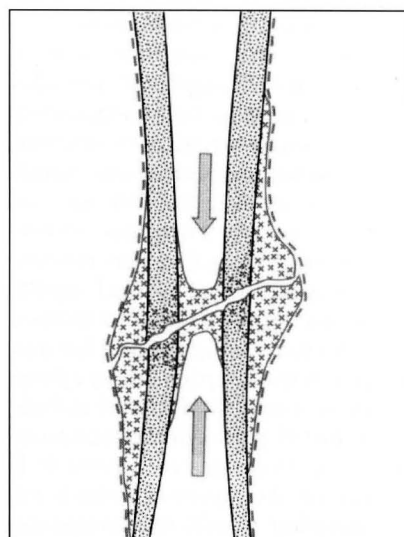


FIGURA 6

PSH tipo pata de elefante.

foco de fractura que es indolora, y también falta de seguridad y estabilidad en el apoyo.

Radiológicamente, hay una recalcificación de los extremos óseos que son redondeados, generalmente uno en forma convexa y el otro cóncavo, simulando una articulación condílea. El canal medular está cerrado, con ausencia de sombra de osificación en torno al foco de fractura (Figura 4). Los extremos óseos están separados, y a veces, calcificados (pseudoartrosis hipertrófica), por calcificación del tejido fibroso cicatricial.

Existen diferentes Tipos de pseudoartrosis diafisarias:

Pseudoartrosis Hipertrófica (16)

Es frecuente en las extremidades inferiores, y su aparición de-

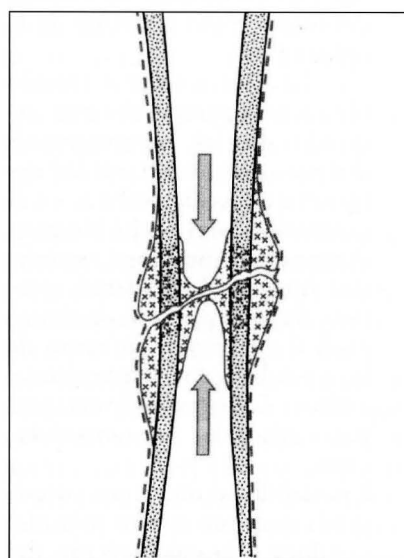


FIGURA 7

PSH tipo pezuña de caballo.

pende, en gran medida, de una alteración de la estabilidad mecánica, inestabilidad que en los tejidos bien vascularizados, produce despegamientos locales del periostio, lo que provoca una neoformación ósea adicional (Figura 5).

Según su apariencia Radiográfica se puede clasificar en:

- PH Tipo en "pata de elefante": habitualmente asociada con cierta estabilidad e irritación mecánica que conduce a una excesiva formación ósea (Figura 6).
- PH Tipo en "pezuña de caballo": neoformación ósea menos importante con una situación mecánica menos estable (Figura 7).

El método más eficaz para su Tratamiento es mejorar la estabilidad del foco de fractura con:

- Una *placa a compresión*, que se considera el implante más adecuado para la estabilización de las pseudoartrosis, pues permite aplicar compresión interfragmentaria, realizar la corrección de cualquier deformidad y otras técnicas reconstructoras, como p.e. el aporte de injertos, en un solo tiempo operatorio (Figura 8b). Lo más frecuente es que sólo sea posible la compresión axial debido a que el plano de la pseudoartrosis es transversal, pero si la pseudoartrosis es oblicua la estabilidad puede incrementarse colocando un tornillo de compresión que atraviese el foco. La mejor posición de la placa es en la cara de tensión del hueso (lado convexo de la deformidad).

- Un clavo intramedular fresado bloqueado: principalmente indicado en las pseudoartrosis diafisarias de la extremidad inferior, con pocas ventajas en la extremidad superior. El bloqueo dinámico proporciona estabilidad rotacional, y además permite la compresión dinámica axial al cargar y el aumento de la vascularización perióstica, ambos factores importantes para estimular la consolidación.

La estabilidad mecánica conseguida con uno u otro método, conduce a la calcificación del fibrocartilago que sólo entonces puede ser penetrado por

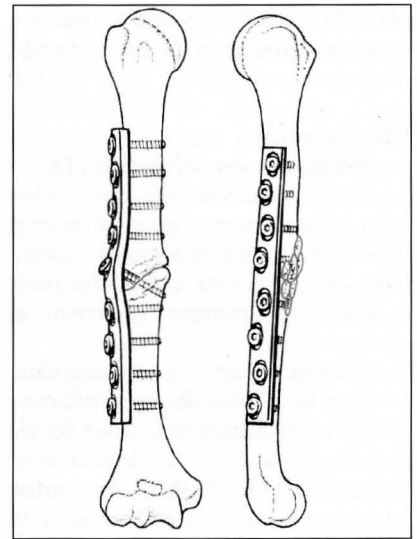


FIGURA 8a y 8b
Retardo de Consolidación de Húmero.

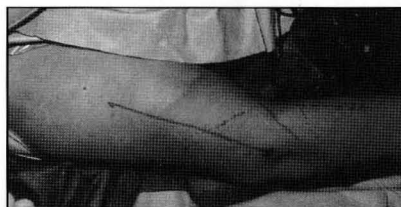


FIGURA 9
Abordaje Anterolateral del húmero.

nuevos vasos, permitiendo finalmente la formación de puentes óseos y la remodelación del foco de pseudoartrosis.

El aporte de injerto óseo no es habitualmente necesario, aunque la decortización puede acelerar la consolidación, y la resección del foco de pseudoartrosis hipertrófica debe considerarse un error, salvo para corregir las deformidades, pues se extirpa tejido óseo que está dispuesto a unirse.

Pseudoartrosis Avascular con o sin pérdida ósea (16)

Se produce por la desvascularización de los fragmentos óseos adyacentes al foco de fractura debido al traumatismo o a la intervención. Los fragmentos avasculares pueden integrarse con segmentos óseos vivos, pero a menos que se adopten otras medidas nunca se unirán a otros fragmentos vitales (no vivos).

Comenzando por el fragmento vivo principal, comienza un proceso de remodelación que lentamente revitaliza las zonas de hueso necrótico. Simultáneamente puede

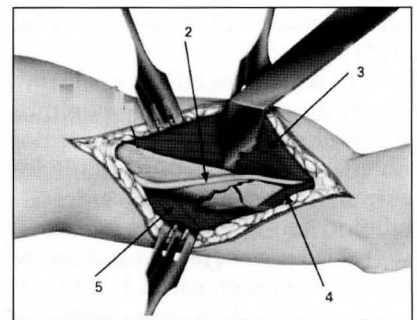


FIGURA 10
Relación del Nervio Radial con la diáfisis humeral.

producirse un continuo rozamiento entre los fragmentos necróticos en el foco de pseudoartrosis que conduce a pérdida ósea por resorción. La demora en el tratamiento permite a este proceso de remodelación anormal provocar acortamiento y osteopenia del fragmento distal por desuso.

En el Tratamiento, para que el hueso consolide, deben crearse zonas de contacto vivas mediante un acortamiento y procurar estabilidad mecánica (placa a compresión). Para el acortamiento, son posibles varias opciones, como el simple acortamiento, el acortamiento combinado con otro en la extremidad opuesta, acortamiento con alargamiento en un punto distinto, interposición de injertos óseos (fragmentados o estructurales), o un by pass como en la técnica del peroné protibia.

Pseudoartrosis Atrófica (16)

Es típica en las extremidades superiores y las pseudoartrosis atró-

ficas se caracterizan porque pueden ser vitales y vascularizadas, pues en los dos extremos óseos del foco de pseudoartrosis se produce atrofia debido a la ausencia de cualquier transmisión de fuerza. Así, la pseudoartrosis atrófica se caracteriza aquí por la ausencia de respuesta ósea, a pesar de encontrarse vascularizada.

En la **Radiografía**, se observa que debido a una importante inestabilidad se produce resorción de la cortical del hueso original que produce unos extremos óseos redondeados.

Para su **Tratamiento** se requiere no sólo de estabilización, sino también de aporte de agentes inductores y conductores óseos. Así, teniendo en cuenta la vascularización local, el método más apropiado para tratar estos casos es la decortización y el aporte de injerto y su estabilización, preferiblemente con placa (9).

Pseudoartrosis Sinoviales - Neoartrosis (16)

Se producen por la existencia de una movilidad continua en el foco de fractura, lo que puede provocar la formación de una falsa articulación en la que una cavidad fibrocartilaginosa se encuentra rodeada por una membrana sinovial con producción de líquido sinovial.

Estas pseudoartrosis sinoviales se observan frecuentemente en el húmero, el fémur y la tibia, y son habitualmente vitales, aunque a veces pueden aparecer atróficas. Además la cavidad sinovial, a menudo presenta una deformidad axial o rotacional.

Para su Tratamiento, la operación correctora consiste en la estabilización y corrección de la deformidad y posiblemente aporte de injerto.

Tratamiento de la pseudoartrosis de húmero

El tratamiento de la pseudoartrosis de la diáfisis humeral requiere generalmente la fijación interna e injerto óseo (5, 9). Las placas a compresión han conseguido los mejores resultados (92-96% de consolidación) (10, 19, 20).

En cuanto a la Técnica Quirúrgica, la zona de pseudoartrosis

se expone mediante un abordaje deltopectoral, anterolateral (Figura 9), como el más frecuentemente utilizado, o posterior. En primer lugar, se debe localizar el nervio radial en los tejidos relativamente normales o sanos, bien proximal o distalmente, para luego seguirlo detenidamente hasta la zona de pseudoartrosis ya que podía estar atrapado en el callo o en los tejidos cicatriciales (Figura 10).

Se utiliza una placa de compresión dinámica de 4,5 mm de 8 ó 9 agujeros, pues los tornillos deben anclar en, al menos, 8 corticales a cada lado de la pseudoartrosis. La placa se coloca, habitualmente, en la cara lateral, en el lado de tensión del hueso. Se utiliza una placa ancha no porque sea más rígida, sino porque los agujeros de los tornillos están escalonados, y se aplica la compresión sobre el foco de fractura y, si es posible, se utiliza un tornillo interfragmentario para una mayor estabilidad (Figura 8a, 8b).

Las pseudoartrosis atróficas son más frecuentes a nivel del húmero que en cualquier otro lugar (16). Se considera que para conseguir la consolidación de este tipo de lesiones además de la estabilidad mediante placa a compresión, es necesario decortificar los extremos y aportar injerto esponjoso (5, 9), debiendo decortificar sólo la porción de hueso en la que no van a anclar los tornillos y perforar los extremos de hueso esclerótico, además de extirpar todo el tejido óseo necrótico.

En el Postoperatorio, se inician los ejercicios de penduleo para el hombro en la primera semana, y los movimientos de arco de movilidad del hombro y codos activos y asistidos pueden comenzar en la segunda semana, pero los ejercicios de fortalecimiento se deben retrasar hasta que la consolidación sea evidente.

Nuestra Serie

En una pequeña serie revisada en nuestro servicio de 12 pseudoartrosis diafisarias de húmero de tipo atrófico, y a falta de completar el estudio para añadir nuevos casos y estudiar otros factores

y su posible relación o no con la aparición posterior de pseudoartrosis en el húmero, 7 casos se dieron en mujeres y 5 en varones con una edad media de 51 años (rango 18-74), siendo la localización más frecuente el tercio medio de la diáfisis (10 casos), encontrando además un caso en el tercio superior y otro en el inferior. El mecanismo inicial de la fractura en la mayoría de los casos fue un accidente de tráfico (7 casos), traumatismo de alta energía que ocasionará, como hemos dicho, una mayor alteración de la vascularización de los extremos óseos. Otros 4 casos fueron debidos a caídas simples y de forma particular existía un caso que apareció tras una fractura patológica producida post-irradiación de un sarcoma de partes blandas. 2 de estas fracturas eran abiertas y 3 presentaban una parálisis radial asociada, de las cuáles una se recuperó posteriormente pero en las otras 2 se observó la inclusión del nervio radial en el foco de pseudoartrosis cuando se realizó el tratamiento de la misma.

El tratamiento inicial utilizado en estas fracturas, fue la inmovilización ortopédica en 5 casos, el enclavado intramedular con agujas de Kirschner tipo Hacketh en 4 y con un clavo de Seidel en 2, y finalmente un caso fue tratado con placa. Tras el tratamiento inicial, observamos 3 roturas de agujas de Kirschner, la rotura de la placa en el único caso en que se utilizó, la migración de uno de los clavos de Seidel, y 2 casos en que no se recuperó la parálisis radial inicial.

Para el tratamiento de la pseudoartrosis de húmero realizamos una reducción abierta y fijación con placa DCP larga y ancha, junto con un refrescamiento de los bordes y operculización del canal medular, aportando injerto óseo autólogo tomado de la cresta iliaca del paciente en todos los casos salvo en uno. En los 2 casos en los que comprobamos la inclusión del nervio radial en el foco de pseudoartrosis, realizamos una transposición del mismo hacia el lado interno del húmero.

De esta forma, se produjo la consolidación en 10 casos en un

tiempo medio de 6 meses, estando los pacientes incorporados a su actividad habitual. No se obtuvo la consolidación en la pseudoartrosis aparecida tras la fractura patológica post-irradiación, y en el caso en el que no utilizamos injerto óseo en la intervención aunque en este caso la persistencia de la pseudoartrosis también puede ser debida a un error en el seguimiento del paciente. En todos los casos desapareció el dolor, salvo en el paciente en que persiste la pseudoartrosis, y además todos los pacientes han recuperado una movilidad y fuerza prácticamente normal, con alguna limitación para la rotación externa y la abducción del hombro.

Conclusiones

La consolidación de las fracturas de la diáfisis del húmero se obtiene habitualmente en 2 a 2 meses y medio, y hablamos de retardo de consolidación cuando no se ha producido la consolidación de la fractura a los 2 ó 3

meses, y de pseudoartrosis en toda fractura no consolidada entre los 3 y 8 meses posteriores a la fractura, ocupando las pseudoartrosis de húmero el tercer lugar en frecuencia después de las de tibia y fémur.

Su principal factor etiológico es la falta de una inmovilización perfecta e ininterrumpida o la inestabilidad de la fractura, inmovilización inadecuada que por sí sola puede ser la causa de la pseudoartrosis, y que en caso de un retardo de consolidación puede hacer que esta evolucione a una consolidación normal si se instaura una correcta inmovilización. Otro factor etiológico importante es la alteración de la vascularización de los extremos óseos, que puede ser causada por el traumatismo, especialmente por los de alta energía, o por el propio tratamiento quirúrgico.

Teniendo en cuenta los factores de mal pronóstico para la consolidación de las fracturas de la diáfisis humeral (angulación > 10°, Diastasis > 5 mm, Distancia inter-

fragmentaria > 10 mm, ausencia de contacto entre los fragmentos), lo más importante en el tratamiento, independientemente de que sea ortopédico o quirúrgico, es conseguir una alineación correcta y un contacto adecuado entre los fragmentos para evitar la pseudoartrosis, siendo el implante más adecuado para su tratamiento cuando ésta aparece la osteosíntesis con placa a compresión.

Las pseudoartrosis de húmero más frecuentes son las de tipo Atrófico, pseudoartrosis Atróficas que por otro lado son más frecuentes en el húmero que en cualquier otra localización, y que para su tratamiento además de la estabilización con placa requiere de la decortización de los extremos óseos y del aporte de injerto óseo esponjoso para que tenga lugar su consolidación.

Por último, tener en cuenta en el postoperatorio que se deben de retrasar los ejercicios de fortalecimiento del miembro afecto hasta la consolidación evidente de la pseudoartrosis.

BIBLIOGRAFÍA

- Balfour CW, Mooney V, Ashby ME. Diaphyseal fractures of the humerus treated with a ready-made fracture brace. *J Bone Joint Surg* 1982; 64:11.
- Bell MJ, Beauchamp CG, Kellam JK, et al. The results of plating humeral shaft fractures in patient with multiple injuries. The Sunnybrook experience. *J Bone Joint Surg* 1985; 67: 293.
- Boyd HB, Anderson LD, Johnson DS. Changing concepts in the treatment of non-unions. *Clin Orthop* 1965; 43: 37.
- Brumback RJ, Bosse MJ, Poka A, et al. Intramedullary stabilization of humeral shaft fractures in patients with multiple trauma. *J Bone Joint Surg* 1986; 68: 960.
- Chacha PB. Compresión plating without bone grafts for delayed and non-union of humeral shaft fractures. *Injury* 1974; 5: 283.
- Christensen S. Humeral shaft fractures, operative and conservative treatment. *Acta Chir Scand* 1976; 133: 455.
- Durbin RA, Gottesman MJ, Saunders KC. Hackethal stacked nailing of humeral shaft fractures. Experience with 30 patients. *Clin Orthop* 1983; 179: 168.
- Foster RJ, Dixon GL, Bach AW. Internal fixation of fractures and non-union of the humeral shaft. Indications and results in a multi-center study. *J Bone Joint Surg* 1985; 67: 857.
- Goldberg VM, Stevenson S, Shaffer JW. Bone and cartilage allografts: biology and clinical applications. In: Friedlaender GE, editor. *Biology of autografts and allografts*. Park Ridge, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons, 1989.
- Healy WL, White GM, Mick CA, et al. Nonunion of the humeral shaft. *Clin Orthop* 1987; 219: 206.
- Hunter SG. The closed treatment of fractures of the humeral shaft. *Clin Orthop* 1982; 164: 192.
- Loomer R, Kokan P. Non-union in fractures of the humeral shaft. *Injury* 1976; 7: 274
- Macausland WR Jr, Wyman ET. Management of metastatic pathological fractures. *Clin Orthop* 1970; 73: 39.
- Martínez Martín A, Herrera Rodríguez A, Cuenca Espiérrez J, Pérez García JM, Herrero Barcos L, García Esteve J. Factores predictivos de la pseudoartrosis de húmero en fracturas cerradas diafisarias. *Rev Ortop Traumatol* 2003; 47: 31-37.
- Mast JW, Spiegel PG, Harvey JP Jr, et al. Fractures of the humeral shaft: A retrospective study of 240 adult fractures. *Clin Orthop* 1975; 112: 254.
- Michael D. McKee. Pseudoartrosis asépticas. Principios de la AO en el tratamiento de las fracturas (Thomas P. Rüedi, William M. Murphy). 2003; 6.2: 753-766.
- Mnaymneh WA, Smith-Petersen M, Aufranc OE. The treatment of non-union of humeral shaft fractures. *J. Bone Joint Surg* 1963; 45: 1548.

18. Naiman PT, Schein AJ, Siffert RS. Use of ASIF compression plates in selected shaft fractures of the upper extremity. A preliminary report. *Clin Orthop* 1970; 71: 208.
19. Rosen H. Compression treatment of long bone pseudarthroses. *Clin Orthop* 1979; 138: 154.
20. Rosen H. Treatment of nonunion: General principles. In: Chapman WN, editor. *Operative Orthopaedics*. Philadelphia: Lippincott-Raven 1988; 489-509.
21. Rosen H. The treatment of nonunions and pseudarthroses of humeral shaft. *Clin Orthop North Am* 1990; 21: 725.
22. Stern PJ, Mattingly DA, Pomeroy DL, et al. Intramedullary fixation of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg* 1984; 66: 639.
23. Stewart MJ, Hundley JM. Fractures of the humerus. A comparative study in methods and treatment. *J Bone Surg* 1955; 37: 681.
24. Steve WN, Uenf MD, Lee MY, et al. Effect of intermittent cigarette smoke inhalation on tibial lengthening; experimental study on rabbits. *J Trauma* 1997; 42: 231-238.
25. Vander Griend R, Tomasin J, Ward EF. Open reduction and internal fixation of humeral shaft fractures. Results using AO plating techniques. *J Bone Joint Surg* 1986; 68: 430.
26. Weber BG, Cech O. Pseudarthrosis. Pathophysiology, biomechanics, therapy, results. Bern: Huber. 1976.
27. Zagorski JB, Latla LL, Zych GA, et al. Diaphyseal fractures of the humerus. Treatment with prefabricated brace. *J Bone Joint Surg* 1988; 70: 607.