

ESTUDIOS CLÍNICOS

# Placas bloqueadas y clavos-placa bloqueados en fracturas y pseudoartrosis diafisarias y metafisarias del húmero

## Resultados objetivos y subjetivos, y estado actual del conocimiento

CHRISTIAN ALLENDE, IGNACIO PIOLI, LUCAS MARANGONI, FEDERICO PAGANINI,  
ALFONSO LUGONES y EMANUEL FATTOR

*Departamento de Miembro Superior y Cirugía Reconstructiva de los Miembros  
Servicio de Ortopedia y Traumatología, Sanatorio Allende*

### RESUMEN

**Introducción:** Evaluar los resultados obtenidos con placas bloqueadas y clavos-placa bloqueados en fracturas y pseudoartrosis del húmero.

**Materiales y métodos:** Evaluamos en forma prospectiva a 29 pacientes, con 12 fracturas y 17 pseudoartrosis diafisarias o metafisarias del húmero, tratados con placa bloqueada (23 casos) o clavo-placa bloqueado (6 casos), entre 2003 y 2006. La edad promedió 59 años. Las indicaciones quirúrgicas fueron: pseudoartrosis atróficas en 13 casos, pseudoartrosis en las cuales uno de los fragmentos por estabilizar era corto en 3 casos, fracturas de hueso osteoporótico en 5 casos, fracturas con conminución significativa en 6 casos e infección en 2 casos. En 10 casos se asoció injerto óseo autólogo y en 6, injerto molido de banco.

**Resultados:** El seguimiento promedió 14 meses. La escala de Constant promedió 74 puntos; el DASH promedió 26 puntos; la escala analógica del dolor promedió 1,4 puntos. Las fracturas consolidaron en un promedio de 4 meses y las pseudoartrosis, en un promedio de 5,2 meses. En una paciente se produjo aflojamiento del implante, un paciente requirió injerto óseo autólogo y una paciente sufrió la rotura de los tornillos distales.

**Conclusiones:** Estos resultados son alentadores si se considera la complejidad de las lesiones tratadas (pseudoartrosis, osteoporosis, infección y fracturas conminutas).

**PALABRAS CLAVE:** Fracturas del húmero. Placas óseas. Pseudoartrosis.

**LOCKED PLATES AND BLADE PLATES IN HUMERAL FRACTURES AND NON-UNIONS**

**OBJECTIVE AND SUBJECTIVE RESULTS, AND PRESENT KNOWLEDGE**

### ABSTRACT

**Background:** Evaluate the results obtained with the use of locked plates and locked blade-plates in humeral fractures and nonunions.

**Methods:** Twenty-nine patients with twelve fractures and seventeen nonunions of the humeral diaphysis or metaphysis treated with a locked plate (23 cases) or a locked blade plate (6 cases) between 2003 and 2006 were prospectively evaluated. Patients' age averaged 59. The indications for locked plates or locked blade-plates were: atrophic nonunion in 13 cases, nonunion with one small fragment to be stabilized in three cases, fractures in osteoporotic bone in five cases, fractures with significant comminution in six cases, and infection in two cases. In ten cases autologous bone graft was associated, and in six nonunions morselized allograft with 2grs of vancomycin powder was used.

**Results:** Follow-up averaged fourteen months; fractures healed in 4 months average, and nonunions in 5.2 months average. One patient had implant loosening, one patient required secondary bone grafting, and in one patient the distal screws broke. The Constant Score averaged 74 points; DASH score 26 points; and the analog pain scale 1.4 points.

**Conclusions:** The results are encouraging considering the complexity of the lesions treated (nonunion, osteoporosis, infection, and comminuted fractures).

Recibido el 02-05-2007. Aceptado luego de la evaluación el 13-11-2007.  
Correspondencia:

Dr. CHRISTIAN ALLENDE  
christian\_allende@hotmail.com

**KEY WORDS: Bone plates. Humeral fractures. Fractures. Ununited.**

Ante una fractura o pseudoartrosis del húmero que necesita tratamiento quirúrgico, tanto la elección del implante como la de la técnica quirúrgica de reducción y colocación de la osteosíntesis variarán según el tipo de fractura o de pseudoartrosis, su ubicación, la calidad ósea, el estado de los tejidos blandos y su asociación o no con contaminación o infección. Las placas compresivas y las placas con estabilidad angular se basan en principios mecánicos distintos para proveer fijación a las fracturas; brindan así un ambiente biológico diferente para la consolidación ósea. Las placas bloqueadas de compresión (LCP) representan el último escalón en una larga secuencia de adelantos en la tecnología AO y, junto con las placas PC-Fix<sup>®</sup>, LISS<sup>®</sup>, y PHILOS<sup>®</sup>, son parte de una nueva generación de placas que requieren el replanteo de conceptos utilizados con frecuencia para la fijación interna mediante este método. Son sistemas complejos que exigen un profundo conocimiento de los principios biomecánicos, una minuciosa planificación preoperatoria y una técnica quirúrgica precisa para evitar fallas o complicaciones.<sup>33</sup>

Los avances en el conocimiento de la biología de la consolidación de las fracturas han permitido la evolución de su tratamiento. La consolidación primaria, es decir, el mecanismo por el cual se unen las fracturas tratadas mediante reducción abierta y fijación interna con placas convencionales, suele ser un proceso lento. Por eso, para evitar un porcentaje inaceptable de refracturas, el consenso es mantener las placas en su lugar durante un año y medio o dos. La diferencia entre el tiempo de consolidación de las fracturas manejadas con tratamiento conservador y las tratadas mediante fijación compresiva fue el indicador de que la circunstancia podía mejorarse y motivó la creación de la fijación interna biológica. Los problemas de aflojamiento de los implantes convencionales en el hueso osteoporótico llevaron, entre otras cosas, a la creación de las placas bloqueadas.<sup>8,12,14,33</sup>

El uso de placas con estabilidad angular, con su habilidad para estabilizar y fijar fracturas periarticulares, es una verdadera "revolución" para los ortopedistas, pero el lugar preciso que ocupan las placas bloqueadas en el algoritmo de tratamiento de las fracturas y la pseudoartrosis del húmero no está aún determinado.<sup>34</sup> Son necesarias series reproducibles para poder establecer con claridad el papel de estos implantes. El conocimiento de la estabilidad de la fijación que proveen los implantes bloqueados es muy limitado y su clarificación es aún necesaria para determinar cómo puede controlarse la estabilidad mecánica; por ejemplo, el movimiento de la fractura y el riesgo de falla del implante. En la estabilización de las fracturas de los

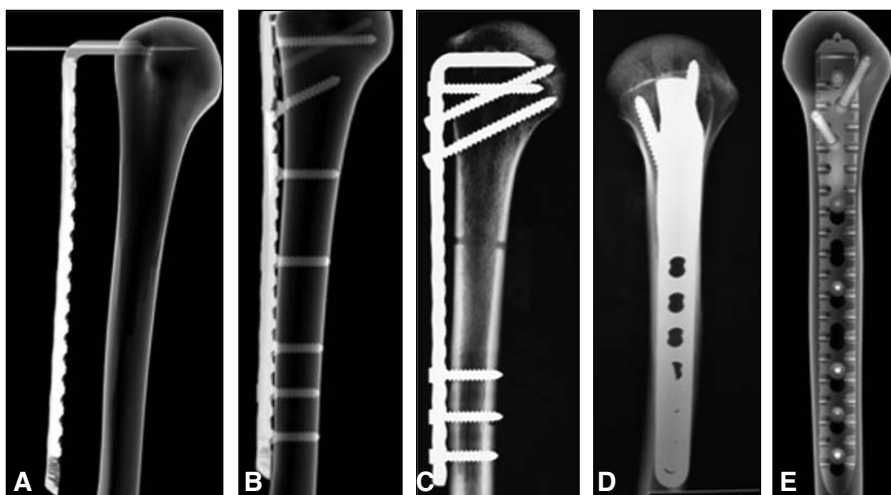
huesos largos hay una fina línea entre una fijación flexible, que estimula la formación de callo óseo y mejora el proceso de curación, y una fijación inestable, que conduce a la pseudoartrosis o a la falla del implante.<sup>34</sup> Si bien se cuenta con técnicas mínimamente invasivas para la colocación de las placas en el húmero, la forma anatómica de éste a nivel metafisario, la estrecha relación de su diáfisis con el nervio radial y la elevada sensibilidad de este hueso predisponen al cirujano a identificar y liberar el nervio antes de colocar la placa.

El objetivo de este trabajo es evaluar los resultados obtenidos con el uso de placas bloqueadas y clavos-placa bloqueados de 90° en fracturas y pseudoartrosis diafisarias y metafisarias del húmero, y describir el estado actual del conocimiento respecto del uso de implantes bloqueados de compresión para estas lesiones.

## Materiales y métodos

Se evaluaron en forma prospectiva 29 pacientes con 12 fracturas y 17 pseudoartrosis diafisarias o metafisarias del húmero tratados con placa bloqueada (23 casos) o clavo-placa bloqueado de 90° (6 casos), entre los años 2003 y 2006. La edad de los pacientes promedió 59 años (rango, 24 a 78); 18 eran mujeres y 11, varones; el miembro afectado fue el dominante en 14 casos. Cuatro fracturas fueron expuestas: una de grado I, dos de grado II y una de grado IIIA de la clasificación de Gustilo. El tiempo entre el traumatismo inicial y la estabilización definitiva con placa bloqueada en las fracturas promedió 5 días (rango, 0 a 17) y en las pseudoartrosis, 12,7 meses (rango, 5 a 28). Todas las placas fueron de 4,5 mm y su largo promedió 11 orificios (rango, 8 a 14). Las pseudoartrosis fueron atróficas en 13 casos y oligotróficas en 4 pacientes. Doce de las 17 pseudoartrosis habían recibido tratamiento quirúrgico previo, con un promedio de intervenciones de 1,7 (rango, 1 a 4); la evaluación radiográfica retrospectiva evidenció una técnica quirúrgica incorrecta o la selección inadecuada del implante en 10 casos. Las lesiones se ubicaron en el tercio proximal de la diáfisis humeral o en la metafisis proximal del húmero en 8 casos, en el tercio medio del húmero en 15 casos y en el tercio distal de la diáfisis humeral o en la metafisis humeral distal en 6 casos. En 10 pseudoartrosis y 2 fracturas se asoció injerto óseo autólogo de cresta ilíaca (en 2 casos asociado con vancomicina en polvo), y en 6 pseudoartrosis se asoció injerto molido de banco con 2 g de vancomicina en polvo.

En 23 pacientes se utilizó anestesia regional supraclavicular y en 6, anestesia general. Los pacientes fueron posicionados en decúbito dorsal con mesa de mano para colocar las placas bloqueadas y en posición semisentada cuando se utilizó clavo-placa bloqueado de 90°. El abordaje utilizado fue el lateral, identificando, liberando y protegiendo el nervio radial, siguiendo el surco deltopectoral cuando se necesitó una extensión proximal. Los clavos-placa bloqueados de 90° fueron diseñados sobre la base de estudios en hueso cadavérico y de dos programas de computación (3D-Max, y AutoCad); el clavo-placa bloqueado es de 4,5 mm, tiene bajo contacto con el hueso, presenta un orificio en el extremo proximal para permitir el pasaje de la clavi-



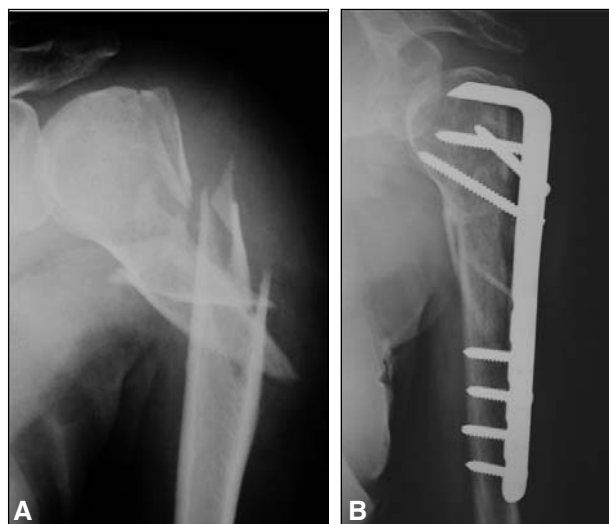
**Figura 1.** Imágenes digitales y en hueso cadavérico. **A.** Clavo-placa, técnica de colocación con clavija guía. **B-C.** Placa colocada que muestra la angulación de los tornillos. **D-E.** Imágenes que ilustran la divergencia de los tornillos proximales del clavo-placa.

ja guía, orienta los tres tornillos proximales en forma divergente hacia la cabeza del húmero y tiene dos orificios a nivel del ángulo de 90° para permitir el pasaje de suturas o alambres (Fig. 1).

Las indicaciones para la utilización de placa bloqueada fueron: pseudoartrosis atróficas en 9 casos, pseudoartrosis en las cuales uno de los fragmentos por estabilizar era corto en 3 casos, fracturas de hueso osteoporótico en 4 casos, fracturas con conminución significativa en 5 casos e infección en 2 casos (una fractura y una pseudoartrosis). La indicación de utilización de clavo-placa bloqueado de 90° fue en 4 pseudoartrosis metafisarias proximales atróficas asociadas con osteoporosis importante (dos de ellas con gran pérdida ósea debido a tres cirugías previas cada una) y dos fracturas: una fractura en una paciente que se encontraba en tratamiento con radioterapia axilar por cáncer de mama con invasión ganglionar, con gran conminución metafisaria proximal de húmero asociada con osteoporosis (la fractura no fue patológica, sino la resultante de un accidente de tránsito) (Fig. 2) y otra fractura conminuta metafisaria proximal del húmero en un paciente politraumatizado. Las placas bloqueadas fueron colocadas en forma híbrida (combinando tornillos de compresión con tornillos bloqueados) en 26 casos y se las utilizó como fijador interno puro (utilizando sólo tornillos bloqueados) en 3 pacientes. A pesar de haber utilizado en los 6 clavos-placa sólo tornillos bloqueados, éstos representan una variedad de fijación interna híbrida por combinar dos métodos diferentes de fijación.

Cuatro pacientes (2 con fractura y 2 con pseudoartrosis) presentaban neurapraxia radial y 3 pacientes con pseudoartrosis tenían antecedentes de esa afección; un paciente con una fractura expuesta segmentaria del tercio distal del húmero presentaba neurapraxia mediana y cubital. En un paciente con fractura expuesta fue necesario realizar un injerto libre de piel. Un paciente con fractura del húmero presentó asociada una fractura del olécranon que requirió reducción quirúrgica y estabilización con banda de tensión. Una paciente con pseudoartrosis, tratada inicialmente con una férula termoplástica, presentó distrofia simpática refleja severa.

Cuatro pacientes con pseudoartrosis tenían antecedentes de infección (ninguno presentaba signos clínicos, radiográficos, ecográficos ni de laboratorio para sospechar una infección activa) y dos pacientes presentaban infección activa: uno con una fractura tratada inicialmente con placa y que fue derivado a los 17 días del traumatismo con una fístula con drenaje por la herida y laboratorio sugestivo de infección; y una paciente con tres operaciones previas (con celulitis, eritrosedimentación y niveles de proteína C reactiva elevados, y radiografías que evidenciaban reacción perióstica, aflojamiento del implante y pérdida ósea). En los seis casos se realizó cultivo, tipificación y antibiograma intraoperatorio (que fue negativo en todos), por lo que se indicó



**Figura 2.** Paciente de 68 años en tratamiento con radioterapia en la axila por cáncer de mama con invasión ganglionar homolateral. **A.** Fractura con gran conminución metafisaria proximal del húmero asociada con osteoporosis. **B.** Fractura consolidada luego de la estabilización con clavo-placa bloqueado.

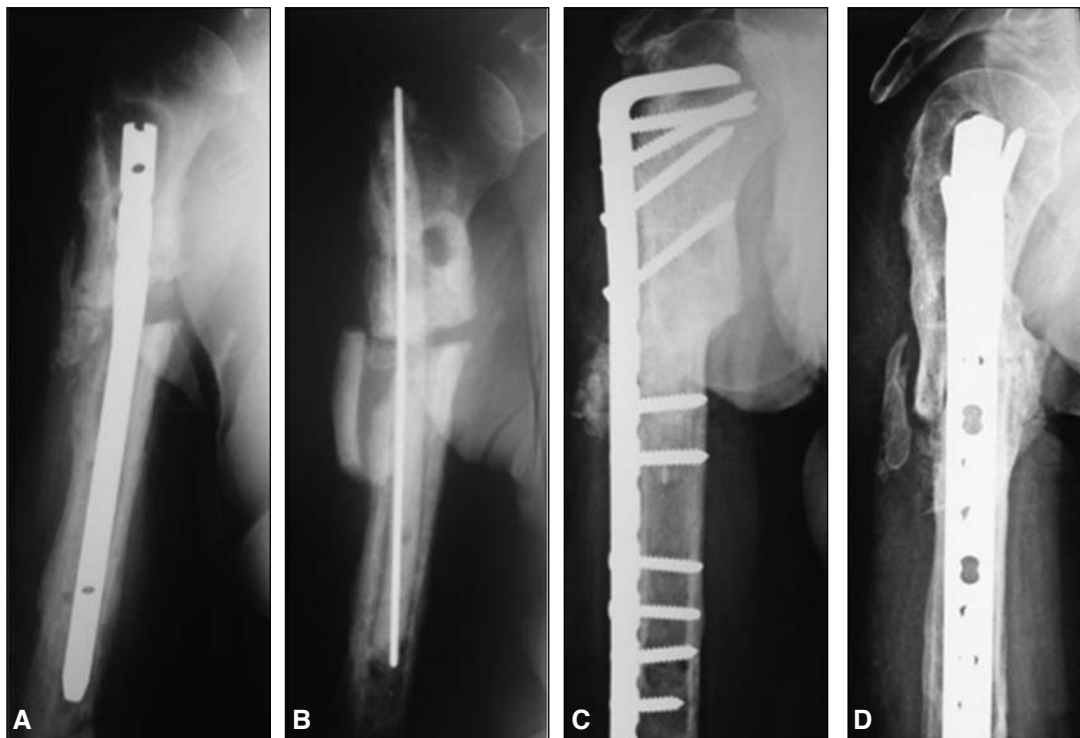
tratamiento empírico posoperatorio con la combinación de ciprofloxacina y clindamicina durante 3 semanas (según recomendación del departamento de infectología de nuestra institución). La reconstrucción en 5 de estos casos se realizó en forma primaria; en la paciente con evidencia de infección activa se efectuó la reconstrucción en dos etapas: en la primera se extrajo el clavo endomedular de la cirugía anterior y se colocó un espaciador endomedular de cemento con antibióticos durante 12 semanas (Fig. 3). En los 6 casos la cirugía definitiva se realizó asociando a la estabilización con placa o clavo-placa bloqueado un amplio desbridamiento de los tejidos avasculares, la creación de un lecho receptor bien vascularizado y la colocación de injerto óseo con 2 g de vancomicina en polvo.

En el posoperatorio se utilizó un cabestrillo antirrotatorio. Si bien no hubo un protocolo de rehabilitación estricto y homogéneo debido a la muy diversa distribución geográfica de los pacientes, en términos generales se comenzó en forma inmediata con movimientos de mano y de codo, para avanzar hacia movimientos pendulares y pasivos de hombro entre las 3 y las 6 semanas (variando de acuerdo con el tipo de patología, la calidad ósea, la ubicación de la lesión y la estabilidad obtenida) y permitiendo la movilidad activa del hombro recién una vez obtenida la consolidación. Se consideró que la fractura o pseudoartrosis había consolidado cuando hubo evidencia radiográfica de un puente de trabéculas óseas que atravesaba el área comprometida. En las pseudoartrosis se realizó evaluación preoperatoria objetiva y subjetiva: a) la flexión de codo preoperatoria promedió 80° (rango, 20° a 130°), b) la extensión de codo preoperatoria promedió -45° (rango, 0 a -85°), c) el puntaje de Constant en el

preoperatorio promedió 38 (rango, 19 a 72), d) el DASH preoperatorio promedió 64 puntos (rango, 38 a 94), e) la escala analógica del dolor en el preoperatorio mostró un promedio de 7,6 puntos (rango, 4 a 10). Estos mismos sistemas de evaluación objetiva y subjetiva se utilizaron para el seguimiento tanto de las fracturas como de las pseudoartrosis.

## Resultados

El seguimiento promedió 14 meses (rango, 8 a 32); las fracturas consolidaron en un promedio de 4 meses (rango, 3 a 6) y las pseudoartrosis, en un promedio de 5,2 meses (rango, 3 a 7). En 3 casos fue necesario un procedimiento adicional para obtener la consolidación: en una paciente con pseudoartrosis diafisaria de húmero y osteoporosis importante se evidenció aflojamiento del implante a los 5 meses de la cirugía inicial; para obtener la consolidación debió efectuarse una segunda intervención realizando decorticación según la técnica descrita por Judet;<sup>20</sup> cambio de los tornillos bloqueados por tornillos de 6,5 mm, los cuales fueron colocados en compresión y divergentes; e injerto óseo molido de banco. Un paciente tratado por una pseudoartrosis infectada del húmero presentó un retardo de consolidación y necesitó la asociación de decorticación e injerto óseo autólogo para obtenerla; y una paciente tratada por una fractura segmentaria expues-



**Figura 3.** A. Radiografía preoperatoria. Clavo endomedular flojo, pérdida ósea, reacción perióstica e infección activa. B. Extracción del clavo endomedular y colocación de un espaciador de cemento con gentamicina y 2 g de vancomicina en polvo. C-D. Radiografías anteroposterior y lateral que muestran la consolidación ósea luego de la estabilización con un clavo-placa bloqueado de 90° y aloinjerto molido con 2 g de vancomicina.

ta del tercio distal del húmero sufrió la rotura de los tornillos distales a los 4,5 meses del posoperatorio al caerse desde su propia altura (Fig. 4), por lo que se realizó el cambio del implante por una placa de reconstrucción de huesos planos e injerto óseo esponjoso autólogo de cresta ilíaca, con lo que se logró la consolidación.

Los resultados objetivos y subjetivos en el momento del último control fueron: a) la flexión de codo promedió 117° (rango, 100° a 130°), b) la extensión de codo promedió -20° (rango, 0 a -45°), c) el puntaje de Constant promedió 74 (rango, 54 a 96), d) el DASH promedió 26 puntos (rango, 8 a 41), e) la escala analógica del dolor mostró un promedio de 1,4 puntos (rango, 0 a 4).

El paciente con fractura del húmero y fractura simultánea del olécranon es el que presenta mayor limitación funcional en el codo (flexión 100°, extensión -45°). Dos pacientes con pseudoartrosis metafisaria proximal del húmero, uno tratado con placa y otro con clavo-placa, tienen signos radiográficos de pinzamiento (*impingement*) entre la placa y el acromion en abducción del hombro (Fig. 5), pero ninguno presenta síntomas clínicos ni limitación funcional evidente secundaria a este pinzamiento.

Los 4 pacientes con neurapraxia preoperatoria recuperaron por completo la función dentro de los cuatro meses posoperatorios. Tres pacientes que no evidenciaban lesión nerviosa antes de la operación presentaron neurapraxia radial después; una se recuperó en forma espontánea al mes y medio; en un caso fue necesaria la neurólisis para obtener la recuperación completa; y el tercer caso, una paciente de 68 años con pseudoartrosis del tercio distal del húmero, había tenido ya tres operaciones, en las dos últimas había sufrido una parálisis radial con recuperación y en el

posoperatorio presentó una nueva parálisis (la liberación del nervio se vio dificultada por la abundante formación de tejido cicatrizal que englobaba y comprimía el nervio) y sólo ha obtenido una recuperación parcial. En una paciente, estabilizada con una placa bloqueada por presentar pseudoartrosis del tercio distal de la diáfisis humeral, fue necesario extraer el material de osteosíntesis a los 14 meses de la cirugía debido a la irritación del nervio radial (sin impotencia funcional) y al dolor en la región que éste atravesaba sobre la placa, que se evidenciaba en forma clínica y ecográfica. El dolor desapareció a los 3 meses de la última cirugía. La paciente con distrofia simpática refleja necesitó 6 meses de fisioterapia intensiva para recuperar el tropismo y el movimiento de la mano.

## Discusión

Los recientes avances en la reducción abierta y la fijación interna de las fracturas se basan en el mejor conocimiento de la biología ósea, la biomecánica de la fijación de las fracturas, las nuevas técnicas quirúrgicas y el análisis de los fracasos anteriores.<sup>2,12,13,25</sup> Los fijadores internos bloqueados se asemejan a una placa, pero funcionan como un tutor externo que se implanta en el paciente; se trata de una nueva técnica cuyo objetivo es preservar la biología.<sup>6</sup> En nuestra serie de pacientes, el tiempo promedio de consolidación fue de 4 meses para las fracturas y de 5,2 meses para las pseudoartrosis, y en 3 casos (dos pseudoartrosis y una fractura) fue necesaria una segunda intervención para obtener la formación de callo óseo; estos resultados son alentadores si se considera la complejidad de las lesiones



**Figura 4.** A-B. Paciente mujer de 24 años. Fractura expuesta grado IIIA, segmentaria, de alta energía. B. Placa bloqueada premoldeada. C. Radiografía posoperatoria. D. A los 4,5 meses del posoperatorio. La osteosíntesis falló por rotura de los tornillos distales al caerse la paciente desde su propia altura sobre el codo. E. La placa bloqueada fue extraída y reemplazada por una placa de reconstrucción de huesos planos colocada comprimiendo el foco, con lo que se obtuvo la consolidación.

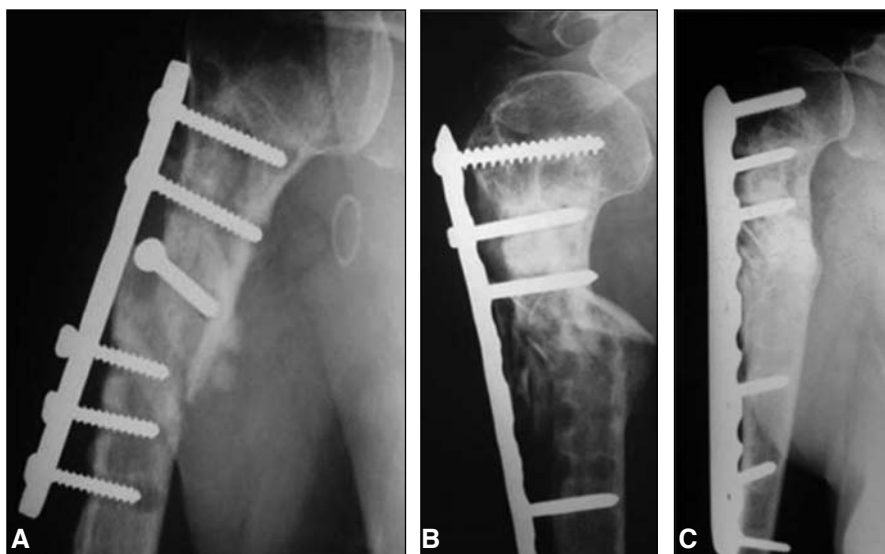
tratadas (pseudoartrosis, osteoporosis, infección y fracturas conminutas). Las limitaciones de este estudio son haber carecido de un grupo control, incluir dos patologías diferentes (fracturas y pseudoartrosis) y no tener un seguimiento a largo plazo. Sin embargo, la poca experiencia y los escasos informes bibliográficos sobre los resultados obtenidos con el uso de estos implantes, así como la baja incidencia de esta patología y el difícil acceso a los implantes justifican el informe de este estudio prospectivo.

Se describieron distintas técnicas para mejorar la fijación interna en un hueso osteoporótico, como 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,<sup>28</sup> la aumentación con planchas de aloinjerto,<sup>17</sup> el recambio de los tornillos corticales de 4,5 mm por tornillos de esponjosa de 6,5 mm,<sup>29</sup> la aplicación de una placa endomedular,<sup>10</sup> la utilización de placas de ángulo fijo<sup>21</sup> 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 de compresión bloqueadas.<sup>27</sup> Estas últimas son el implante de elección actual en la pseudoartrosis y los retardos de consolidación atróficos o asociados con osteoporosis y pérdida ósea.<sup>1</sup>

La dificultad en obtener una estabilización adecuada en fracturas y pseudoartrosis metafisarias y diafisarias proximales suele incrementarse por la presencia de un fragmento proximal pequeño y osteopéxico. Estudios biomecánicos han demostrado que en las fracturas metafisarias proximales la estabilidad lograda mediante el uso de placas bloqueadas es superior a la obtenida mediante el uso

de clavos y clavos-placa;<sup>32</sup> otros estudios han probado que las placas bloqueadas permiten obtener mayor estabilidad rotacional, pero similar estabilidad en fuerzas de flexión-extensión y la utilización de clavos-placa en las fracturas proximales del húmero tiene un índice de complicaciones mayor que el esperado.<sup>32</sup> La complicación más frecuente es la penetración de la placa en la articulación glenohumeral.<sup>24</sup> Pero, a pesar de los recientes avances en la tecnología de las placas bloqueadas, la protrusión de los implantes y la pérdida de la reducción luego de la reducción abierta y la fijación interna en las fracturas del húmero proximal continúan siendo un problema. Con el objetivo de evitar esta complicación y de incrementar la estabilidad de la osteosíntesis, tanto en fracturas conminutas como en pseudoartrosis complejas de la metafisis y la diafisis proximal del húmero, asociadas con pérdida ósea, osteoporosis o múltiples operaciones previas, diseñamos un implante híbrido: el clavo-placa bloqueado, que combina las ventajas del clavo-placa con las de las placas bloqueadas y permite el bloqueo de los tres tornillos proximales orientados en forma divergente hacia la cabeza humeral. No se han publicado informes sobre el uso de clavos-placa bloqueados. En nuestra serie incluimos 6 casos en los que se utilizó este implante.

Los fijadores internos bloqueados consisten en un sistema de placas y tornillos que proveen estabilidad angular a través del uso de tornillos acerrojados a la placa, reduciendo las fuerzas compresivas ejercidas por las placas sobre el hueso y preservando así su irrigación.<sup>6</sup> En las fracturas diafisarias y metafisarias del húmero, estas placas permiten, pero en general no la requieren, una reducción precisa y no necesitan ser moldeadas para correspon-



**Figura 5.** A. Paciente obesa de 68 años, a 5 meses de haber sufrido un traumatismo. Osteoporosis, pérdida ósea y necrosis ósea por aflojamiento del implante. B. Placa bloqueada de 4,5 mm colocada en forma híbrida, con tornillos divergentes, puenteando el área de pseudoartrosis, más injerto óseo esponjoso autólogo. C. A los 6 meses de la operación, consolidada la pseudoartrosis.

Imagen radiográfica de pinzamiento entre la placa y el acromion.

derse con la anatomía del hueso.<sup>35</sup> Las placas bloqueadas tienen la ventaja de combinar dos métodos de anclaje completamente diferentes, pero bien conocidos, en un mismo implante, sin comprometer las propiedades mecánicas de ninguno de ellos.<sup>7</sup> Hay tres formas de utilizar las placas bloqueadas: 1) como placa convencional empleando sólo la porción dinámica compresiva del orificio combinado y tornillos corticales estándares, cuya dirección puede modificarse; 2) como fijador interno puro utilizando sólo tornillos con cabeza roscada; o 3) como una combinación de los dos principios anteriores (fijación interna híbrida). La técnica de reducción y la colocación de la placa sin alterar la viabilidad ósea representan la base para obtener resultados satisfactorios mediante el uso de estos sistemas de ángulo fijo.<sup>12</sup> Las publicaciones recientes han mostrado que este sistema de placas permite obtener la consolidación en un amplio rango de fracturas, con bajo índice de complicaciones relacionadas con el implante, las cuales son más frecuentes en el húmero.<sup>33</sup>

En el pasado, se consideraba que la aparición de callo óseo luego de la estabilización con placas y tornillos de una fractura indicaba la falla en obtener una fijación estable; el uso de placas y tornillos tradicionales, propulsado por el grupo AO en los años 1950, se basaba en la exposición directa de la fractura, la obtención de una reducción anatómica y la estabilización con osteosíntesis rígida; esto favorecía la consolidación primaria (consolidación endóstica), que exige mantener en un mínimo el movimiento a nivel de la lesión y que la tensión en el gap fracturario sea menor del 2%; suele requerirse una exposición amplia del hueso para tener acceso y proveer buena visibilidad de la zona de fractura, lo que permite la colocación adecuada de las placas compresivas; el premoldeado de éstas suele ser necesario para que se adapten bien a la anatomía del hueso; los tornillos se ajustan comprimiendo la placa contra el hueso. Las complicaciones descritas con su uso incluyen retardos de consolidación, pseudoartrosis, infección y refracturas una vez extraído el implante.<sup>3,34</sup> El diseño de los implantes modernos (que siguen el principio de “osteosíntesis con placas-puente” y fijación “biológica”<sup>26</sup>) nació con el objetivo de disminuir estas complicaciones y porque los métodos de osteosíntesis convencionales no se adaptaban a las nuevas técnicas de colocación de los implantes (MIPO y reducción y estabilización mediante el puenteo de la fractura). El término “biológicas” expresa el objetivo del tratamiento: utilizar todo soporte biológico aún disponible después del trauma, mediante el manejo cuidadoso de los tejidos y una fijación flexible, para estimular la formación de callo óseo. En la actualidad, la curación indirecta, lograda mediante osteosíntesis con estabilidad relativa, con formación de callo óseo, es un objetivo del tratamiento y se considera un signo positivo de estímulo de la formación ósea. Las placas bloqueadas difieren de las convencionales no sólo en los principios mecánicos por los que proveen fijación a las fractu-

ras, sino porque también crean un medio biológico diferente para la consolidación (consolidación encondral). Las placas bloqueadas funcionan como fijadores internos (preservando el aporte vascular perióstico) en fracturas con gap más ancho y una tensión menor del 10%; aumentan la estabilidad del complejo tornillo-placa-hueso mediante la creación de una *single-beam construct*, por lo que actúan como sistemas de ángulo fijo. Los implantes que permiten la consolidación de las fracturas en forma secundaria (encondral) están indicados en áreas y situaciones en las cuales no es necesaria una reducción anatómica. Las placas bloqueadas proveen estabilidad angular y axial, lo que elimina la necesidad de su moldeado preciso y reduce el riesgo de pérdida primaria de la reducción.<sup>3</sup>

Un cambio mayor ocurrió con el desarrollo de la fijación interna bloqueada como el PC-Fix®, de Synthes. Las placas PC-Fix®, fabricadas con titanio puro, han servido para probar el concepto de fijador interno; han mostrado consolidación temprana (3 meses) y mayor resistencia a la infección que las placas DCP convencionales, sin evidencias de fallas de los tornillos ni de los implantes y con un tipo de consolidación similar al observado luego de la colocación de un tutor externo.<sup>16</sup> La presunción de que el cambio tecnológico de pasar de placas de compresión a PC-Fix® podría ser muy demandante para el cirujano impulsó el desarrollo de la combinación de los dos en el “orificio combinado” (*combi-hole*) de las LCP.

Algunos principios biomecánicos han adquirido gran relevancia con el uso de las placas bloqueadas: a) la estabilidad axial y de torsión está influida por el largo de trabajo de la placa o la distancia entre los dos tornillos a cada lado del sitio de fractura (omitiendo el primer tornillo a ambos lados de la fractura la construcción incrementa en forma significativa su flexibilidad en compresión [un 60%] y en torsión [un 30%]); b) el largo de trabajo del tornillo es importante, ya que permite determinar si deben utilizarse tornillos unicorticales o bicorticales, sobre todo en hueso osteoporótico; c) el número de tornillos afecta en gran medida la estabilidad; sin embargo, la colocación de más de tres tornillos por fragmento no parece incrementar la rigidez; d) otro factor que afecta la estabilidad es la distancia de la placa al hueso; el incremento de esta distancia se traduce en disminución de la estabilidad de la construcción; e) los tornillos bloqueados tienen gran estabilidad aun cuando se los coloque con una desviación moderada en su ángulo de inserción de hasta 5°, pero hay una pérdida significativa de estabilidad cuando la desviación de su eje de inserción es > 5°; f) en las fracturas de la extremidad inferior, dos a tres tornillos a cada lado de la fractura deberían ser suficientes, mientras que en las fracturas del húmero y el antebrazo deben utilizarse tres a cuatro tornillos a cada lado porque las fuerzas rotacionales predominan en estos huesos; g) en las fracturas simples, con un gap interfragmentario pequeño, debe omitirse uno o dos orificios a cada lado de la fractura para promover la con-

solidación espontánea de la fractura; en las fracturas con un gap interfragmentario grande, como en el caso de las fracturas conminutas, la colocación de los tornillos lo más próximos posible a la fractura es lo aconsejado; h) la utilización de tornillos bicorticales para incrementar su largo de trabajo se recomienda en el húmero por las fuerzas de torsión a las que es sometido el implante y en el hueso osteoporótico por lo fino de la cortical; i) al ajustar el tornillo bloqueado en la placa el cirujano siente una gran estabilidad por la toma del tornillo a la placa, pero la verdadera toma del tornillo en el hueso no puede percibirse. Esto puede llevarlo a sobreestimar la estabilidad obtenida y, en consecuencia, a insertar un número insuficiente de tornillos, con la posible pérdida secundaria de la reducción; j) en las fracturas conminutas asociadas con osteoporosis las LCP han resultado biomecánicamente superiores a las placas convencionales; en estos casos las placas deben colocarse próximas al hueso y los tornillos deben tomar ambas corticales.<sup>9,12,22,31,33,34</sup>

El agregado de injerto óseo está indicado en toda seudoartrosis atrófica, sinovial, y en las asociadas con defectos óseos; y en algunas fracturas en las cuales no se puede obtener un buen contacto de los extremos. La incorporación del injerto óseo, ya sea autólogo o alogénico, depende de muchos factores: el tipo de injerto óseo utilizado (autólogo esponjoso, autólogo cortical, libre vascularizado o no vascularizado, 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). El injerto óseo autógeno (utilizado en 12 pacientes en nuestra serie) es el mejor aporte biológico disponible, ya que es fresco, retiene células óseas vivas, no produce reacción inmunitaria, no transmite enfermedades y conserva sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras.<sup>4,30</sup> Para lograr una mejor incorporación, el injerto debe colocarse en contacto con el hueso vivo, en un lecho vascularizado y ser sometido a cierta demanda funcional. El injerto de peroné vascularizado está indicado en defectos segmentarios largos y en los casos con un mal lecho receptor;<sup>15</sup> la utilización de esta técnica en el húmero es más compleja que su aplicación en el antebrazo y se asocia con mayor porcentaje de complicaciones. La estimulación eléctrica y por ultrasonido es eficaz en los retardos de consolidación y en las seudoartrosis hipertróficas, pero no en las seudoartrosis atróficas o en presencia de defectos óseos segmentarios.<sup>30</sup> La inyección percutánea de médula ósea autógena aumenta el potencial osteogénico. También se ha demostrado experimentalmente que moléculas como BMP, TGF- $\beta$  y PDGF tienen capacidad osteoinductiva;<sup>5</sup> las series publicadas con la utilización de OP-1 y BMP<sup>18,19,23</sup> presentan resultados muy prometedores.

## Conclusiones

La utilización de placas bloqueadas se ha ido expandiendo y está indicada para obtener la reducción indirecta en fracturas diafisarias o metafisarias asociadas con osteoporosis, para puentear fracturas asociadas con gran conminución, en fracturas patológicas, en fracturas periprotésicas, en fracturas metafisarias en las que uno de los fragmentos es pequeño, y en cirugías de revisión de fallas de placas convencionales. Las placas de ángulo fijo presentan la alternativa de poder utilizarlas en compresión, bloqueadas o combinando ambos métodos de fijación (*combi-hole*, fijación interna híbrida). Aunque al principio se consideraba que la utilización de una fijación híbrida debía ser la excepción y no la regla, y aunque aún no está establecido cuál es la construcción biomecánica ideal, las publicaciones recientes recomiendan la utilización de fijación combinada o híbrida, ya que la combinación de tornillos en la configuración híbrida no altera las propiedades mecánicas de la construcción<sup>11</sup> y esta fijación combina las ventajas de ambos sistemas, lo que permite utilizar la placa como instrumento de reducción de la fractura. Estos son estudios biomecánicos que no consideran los aspectos biológicos de la consolidación. La combinación de tornillos en forma híbrida necesita más investigación, ya que mediante su uso se perdería (al menos parcialmente) una de las mayores ventajas de las placas bloqueadas, que es evitar la compresión de la placa contra el hueso, disminuyendo así la interrupción que sufre la circulación del periostio.

La elección del implante es uno de los múltiples elementos por evaluar en el tratamiento de estas complejas lesiones. La placa ideal es la que, manteniendo las cualidades mecánicas, preserva la biología, tiene versatilidad para combinar distintas posibilidades y permite una mejor y más amplia utilización. Las placas compresivas son aún el tratamiento de elección en las fracturas articulares que requieren una reducción anatómica perfecta y estable, en las fracturas del antebrazo y en ciertos tipos de seudoartrosis, como las hipertróficas, que necesitan compresión y mayor estabilidad para consolidar. La planificación preoperatoria minuciosa, la utilización de una técnica quirúrgica adecuada y la selección correcta del implante son fundamentales para evitar complicaciones (en esta serie de pacientes, 10 de las 12 seudoartrosis con tratamiento quirúrgico previo presentaban en la evaluación radiográfica retrospectiva alguna falla evidente de técnica quirúrgica o de selección del implante). La decisión de usar placas bloqueadas y la elección de su forma de colocación (compresiva, híbrida o bloqueada) dependerán de la experiencia y las preferencias del cirujano, la calidad del hueso afectado, el tipo de fractura o de seudoartrosis, la región anatómica y la posibilidad de acceder a ella.



## Bibliografía

1. **Allende C, Gastaud M, Pioli I, Marangoni L, Allende BT.** Seudoartrosis diafisaria de húmero. Tratamiento quirúrgico y resultados funcionales. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol.* 2006;71(1):38-49.
2. **Baumgaertel F, Buhl M, Rahn BA.** Fracture healing in biological plate osteosynthesis. *Injury.* 1998;29Suppl 3:C3-6.
3. **Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, Kummer FJ, Koval KJ.** Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma.* 2004;18(8):488-93.
4. **Enneking WF, Eady JL, Burchardt H.** Autogenous cortical bone grafts in the reconstruction of segmental skeletal defects. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(7):1039-58.
5. **Forriol F.** Los sustitutos óseos y sus posibilidades actuales. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol.* 2005;70:82-93.
6. **Frigg R.** Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the Dynamic Compression Plate and the Point Contact Fixator (PC-Fix). *Injury.* 2001;32Suppl 2:63-6.
7. **Frigg R.** Development of the Locking Compression Plate. *Injury.* 2003;34Suppl 2:B6-10.
8. **Frigg R.** Product development for osteoporosis. *AO Dialogue.* 2004;17(II):23.
9. **Fulkerson E, Egol KA, Kubiak EN, Liporace F, Kummer FJ, Koval KJ.** Fixation of diaphyseal fractures with a segmental defect: a biomechanical comparison of locked and conventional plating techniques. *J Trauma.* 2006;60(4):830-5.
10. **Ganz R, Isler B, Mast J.** Internal fixation technique in pathological fractures of the extremities. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1984;103(2):73-80.
11. **Gardner MJ, Griffith MH, Demetrakopoulos D, et al.** Hybrid locked plating of osteoporotic fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(9):1962-7.
12. **Gautier E, Sommer C.** Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury.* 2003;34Suppl 2:B63-76.
13. **Gerber C, Mast JW, Ganz R.** Biological internal fixation of fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1990;109(6):295-303.
14. **Goldhahn J, Seebeck J, Frei R, Frenz B, Antoniadis I, Schneider E.** New implant designs for fracture fixation in osteoporotic bone. *Osteoporos Int.* 2005;16Suppl 2:S112-9.
15. **González del Pino J, Bartolomé del Valle E, Grana GL, Villanova JF.** Free vascularized fibular grafts have a high union rate in atrophic nonunions. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(419):38-45.
16. **Haas N, Hauke C, Schutz M, Kaab M, Perren SM.** Treatment of diaphyseal fractures of the forearm using the Point Contact Fixator (PC-Fix): results of 387 fractures of a prospective multicentric study (PC-Fix II). *Injury.* 2001;32Suppl 2:B51-62.
17. **Hornicek FJ, Zych GA, Hutson JJ, Malinin TI.** Salvage of humeral nonunions with onlay bone plate allograft augmentation. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(386):203-9.
18. **Jones AL.** Recombinant human bone morphogenetic protein-2 in fracture care. *J Orthop Trauma.* 2005;19(10)Suppl:S23-5.
19. **Jones AL, Bucholz RW, Bosse MJ, et al.** Recombinant human BMP-2 and allograft compared with autogenous bone graft for reconstruction of diaphyseal tibial fractures with cortical defects. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(7):1431-41.
20. **Judet R, Judet J.** [Osteo-periosteal decortication. Principle, technic, indications and results]. *Mem Acad Chir (Paris).* 1965; 91(15):463-70.
21. **Jupiter JB, Mullaji AB.** Blade plate fixation of proximal humeral non-unions. *Injury.* 1994;25(5):301-3.
22. **Kaab MJ, Frenk A, Schmeling A, Schaser K, Schutz M, Haas NP.** Locked internal fixator: sensitivity of screw/plate stability to the correct insertion angle of the screw. *J Orthop Trauma.* 2004;18(8):483-7.
23. **McKee MD.** Recombinant human bone morphogenetic protein-7: applications for clinical trauma. *J Orthop Trauma.* 2005; 19(10)Suppl:S26-8
24. **Meier RA, Messmer P, Regazzoni P, Rothfischer W, Gross T.** Unexpected high complication rate following internal fixation of unstable proximal humerus fractures with an angled blade plate. *J Orthop Trauma.* 2006;20(4):253-60.
25. **Miclau T, Martin RE.** The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury.* 1997;28Suppl 1:A3-6.
26. **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.* 2002;84(8):1093-110.
27. **Ring D, Kloen P, Kadzielski J, Helfet D, Jupiter JB.** Locking compression plates for osteoporotic nonunions of the diaphyseal humerus. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(425):50-4.
28. **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.* 1999;81(2):177-90.

29. **Rodriguez-Merchan EC, Forriol F.** Nonunion: general principles and experimental data. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(419):4-12.
30. **Seebeck J, Goldhahn J, Stadele H, Messmer P, Morlock MM, Schneider E.** Effect of cortical thickness and cancellous bone density on the holding strength of internal fixator screws. *J Orthop Res.* 2004;22(6):1237-42.
31. **Siffri PC, Peindl RD, Coley ER, Norton J, Connor PM, Kellam JF.** Biomechanical analysis of blade plate versus locking plate fixation for a proximal humerus fracture: comparison using cadaveric and synthetic humeri. *J Orthop Trauma.* 2006;20(8):547-54.
32. **Sommer C, Babst R, Muller M, Hanson B.** Locking compression plate loosening and plate breakage: a report of four cases. *J Orthop Trauma.* 2004;18(8):571-7.
33. **Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gachter A, Kuster MS.** Biomechanical testing of the LCP--how can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury.* 2003;34 Suppl 2:B11-9.
34. **Wagner M.** General principles for the clinical use of the LCP. *Injury.* 2003;34Suppl 2:B31-42.