

Osteosíntesis del húmero proximal aumentada con aloinjerto de peroné

Dr. David Valdés García
Dr. Javier Pérez Rodríguez



Dr. David Valdés García
Jefe de sección de hombro
Servicio de COT del Hospital Universitario
Nuestra Señora de la Candelaria
(Santa Cruz de Tenerife)



Dr. Javier Pérez Rodríguez
Facultativo especialista de área
Servicio de COT del Hospital Universitario
Nuestra Señora de la Candelaria
(Santa Cruz de Tenerife)

Osteosíntesis del húmero proximal aumentada con aloinjerto de peroné

Introducción

Las fracturas de la extremidad proximal del húmero son relativamente frecuentes, pues representan -aproximadamente- el 5% de todas las fracturas. Suelen producirse en personas de edad avanzada, en las que la densidad mineral ósea se encuentra disminuida y son el tercer tipo de fractura más frecuente en mayores de 65 años. A consecuencia del progresivo envejecimiento de la población, la incidencia de este tipo de fracturas está aumentando de forma exponencial en los últimos años[1-4].

Este tipo de fracturas suelen presentar una elevada conminución y pérdida de stock óseo, lo que compromete los objetivos habituales de la fijación interna, que son la obtención de una adecuada reducción y de una fijación con la suficiente estabilidad para permitir la movilización temprana de la articulación del hombro[5].

Aunque las opciones quirúrgicas disponibles para el manejo de estas fracturas son múltiples, las placas bloqueadas son el tratamiento de elección de muchos cirujanos por sus características biomecánicas. Su diseño, basado en el uso de tornillos de ángulo fijo divergentes y convergentes, mejora la fijación e incrementa la resistencia a la pérdida de fijación en el hueso osteoporótico[6]. Esta popularidad ha sido refrendada por estudios biomecánicos comparativos en los que las placas bloqueadas han demostrado su superioridad frente a otros métodos de fijación a la hora de ofrecer una mayor rigidez y resistencia a los ciclos de carga[7].

Sin embargo, el uso de placas no está exento de problemas. Algunos estudios han señalado la obtención de

resultados variables en los casos de fijación mediante placas de bloqueo, registrándose complicaciones como la protrusión intraarticular de los tornillos o el colapso en varo de la fractura, especialmente en huesos osteoporóticos o en fracturas con conminución metafisaria medial[8-10]. De hecho, Court-Brown y cols.[2] describieron en su estudio que, en las fracturas en las que no se obtuvo un buen soporte de la columna medial -ya fuese con reducción anatómica o con tornillos en la zona inferomedial de la cabeza humeral- la pérdida de la reducción o la penetración articular de los tornillos se produjo en un 29% de los casos (fig. 1-4). Distintos estudios enfatizan la importancia de este soporte mecánico de la columna medial para reducir este tipo de complicaciones[11,12].

Biomecánicamente se ha demostrado que la utilización de aloinjertos intramedulares de peroné en combinación con las placas de bloqueo puede proporcionar un mayor grado de apoyo medial, aumentando la rigidez general de la construcción y reducir las posibilidades de migración del fragmento de la cabeza humeral en comparación con el uso de una placa empleada sin refuerzo óseo[13-17].

Así, el uso de aloinjertos intramedulares de peroné puede mejorar la resistencia frente a cargas axiales al reforzar el conjunto estructural, reduciendo el porcentaje de carga soportada por los tornillos cefálicos -distribuyéndola mejor entre hueso remanente del paciente, aloinjerto e implante- y minimizando la ocurrencia de deformidades en varo y pérdidas de reducción.

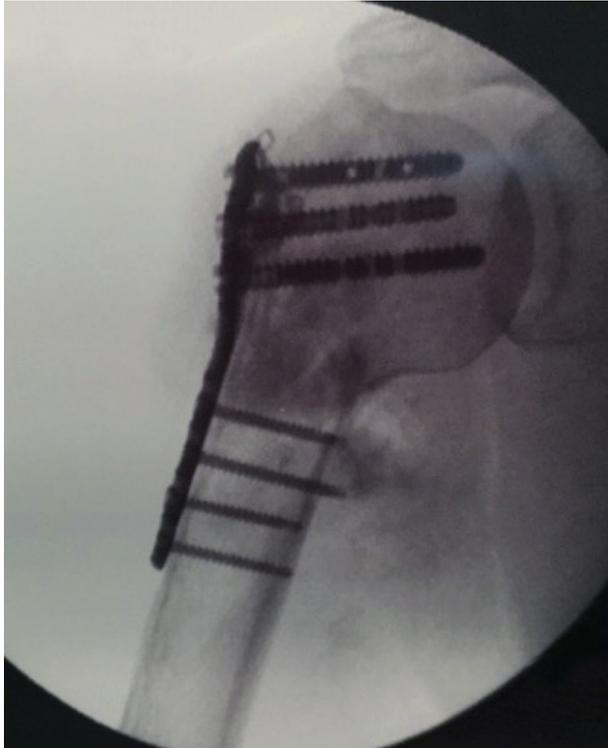


Fig. 1. Fractura intervenida sin soporte medial



Fig. 2. Pérdida de reducción al mes de la fractura

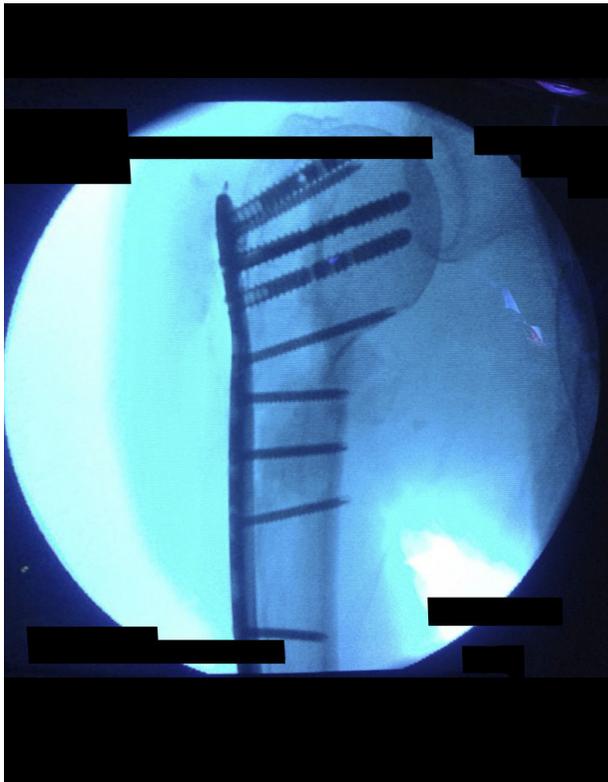


Fig. 3. Reintervención con soporte medial mediante injerto de cresta iliaca y tornillo inferomedial



Fig. 4. Consolidación de la fractura (3 meses tras la intervención)

Técnica quirúrgica

Los pacientes son colocados en posición de silla de playa en una mesa radiotransparente y con el intensificador de imágenes en C situado de forma contralateral (fig. 5). De este modo podemos acceder a la proyección anteroposterior (AP) y axilar durante la intervención quirúrgica de forma sencilla (fig. 6)



Fig. 5. Posicionamiento en silla de playa

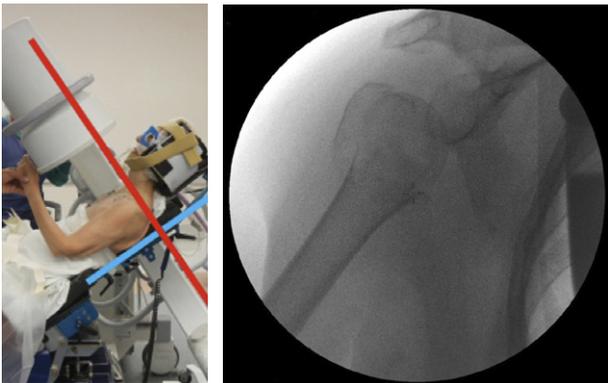


Fig. 6A y 6B. Intensificador de imágenes en proyección anteroposterior. Visión intraoperatoria

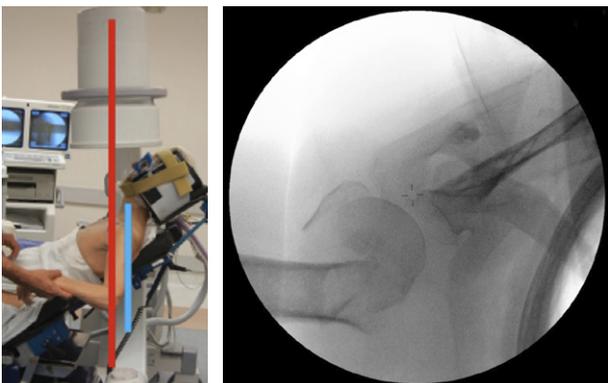


Fig. 6C y 6D. Intensificador de imágenes en proyección axilar. Visión intraoperatoria

En nuestra práctica disponemos de un posicionador hidráulico (AssistArm, ConMed, NY, Estados Unidos) que nos permite mantener el brazo fijo en cualquier posición, facilitando las maniobras de reducción (fig. 7).



Fig. 7. Posicionador hidráulico

Habitualmente se realiza un abordaje anterior mediante una incisión curva, lateral a la apófisis coracoides, y en dirección caudal a lo largo del surco deltopectoral. En caso de pacientes jóvenes o voluminosos es posible realizar un abordaje transdeltoideo (entre el rafe anterior y lateral del deltoides) para evitar la excesiva tensión que produce un músculo deltoides hipertrófico. Para los autores que preconizan el uso de esta vía de abordaje existe, además, la ventaja de preservar la vascularización de la cabeza humeral frente al abordaje tradicional deltopectoral. No obstante, si se usa este abordaje, se debe de prestar especial atención al nervio axilar, que cruza la diáfisis humeral a unos 5 centímetros del borde inferior del acromion[18,19].

Tras localizar la vena cefálica -que podremos retraer medial o lateralmente según preferencias de cada cirujano- se accede a través del intervalo entre el tendón del deltoides y el pectoral mayor y, una vez localizada la porción larga del bíceps, se reseca la fascia clavipectoral. Tras el tendón conjunto se accede al espacio subcoracoides y, anterior al tendón del subescapular, se identifica el nervio axilar.

Se procede a fijar las tuberosidades al manguito con una sutura no reabsorbible (Ethibond 2-0, Johnson & Johnson, NJ, Estados Unidos) (fig. 8). Se evitará la utilización de suturas transóseas para no dañar las tuberosidades al traccionar de las mismas, así como el uso de

pinzas óseas que resulten agresivas sobre los fragmentos óseos[20]. En el caso de pacientes de mayor edad, es posible realizar una tenotomía de la porción larga del bíceps y, en pacientes más jóvenes, una tenodesis al pectoral mayor. En algunos casos se lleva a cabo una tenotomía de 1-2 centímetros del borde superior del pectoral mayor para facilitar la reducción del fragmento diafisario.

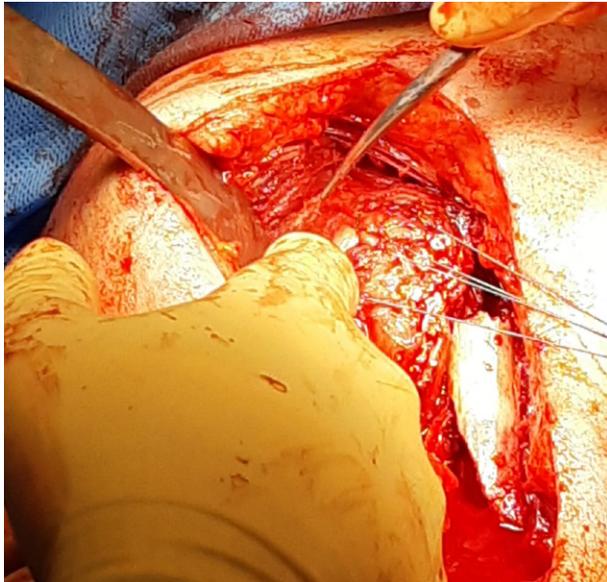


Fig. 8. Suturas de las tuberosidades a nivel de unión entre hueso y tendón

Una vez aseguradas las tuberosidades, el fragmento articular se manipula con cuidado utilizando agujas de Kirschner a modo de joystick o mediante el uso de elevadores romos.

En el caso de las fracturas en tres partes, la cabeza acostumbra a presentar rotación interna por la acción del tendón del subescapular ya que su antagonista el supraespinoso se encuentra desinsertado de la cabeza humeral (fig. 9).

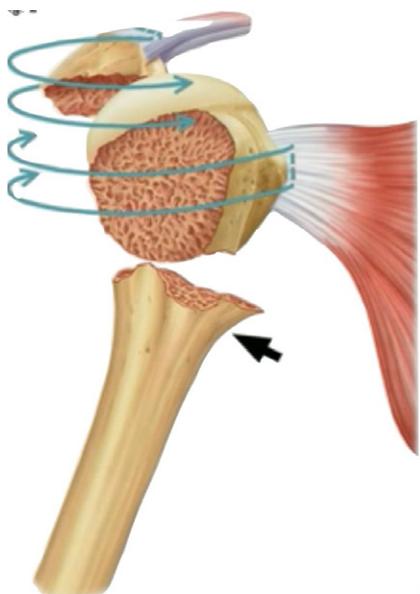


Fig. 9A y 9B. Desplazamientos de los fragmentos tras fractura en tres partes

En las fracturas en cuatro partes, el fragmento del troquíter presenta habitualmente un desplazamiento posterosuperior, encontrándose el fragmento cefálico -desprovisto de inserciones musculares- impactado y en varo (fig. 10). El subtipo en valgo es más infrecuente, pero de mejor pronóstico vascular por la integridad de la bisagra medial. En este subtipo la superficie articular se encuentra orientada hacia el acromion en vez de hacia la glena y el fragmento del troquín se desvía hacia medial por la acción del músculo subescapular (fig. 11). Finalmente, el fragmento diafisario se medializa por la acción del pectoral mayor.

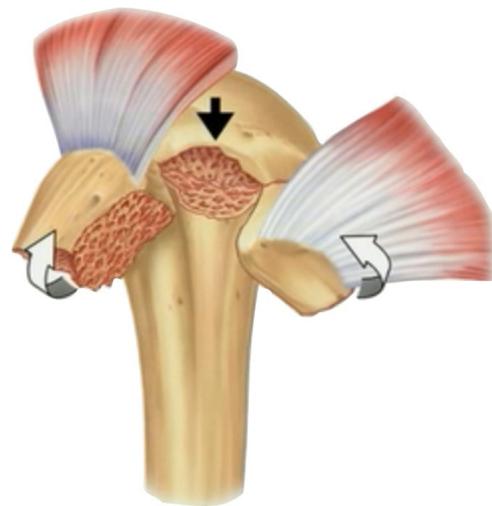


Fig. 10. Desplazamientos de los fragmentos tras fractura en cuatro partes

Con ayuda de un elevador, se reducen los fragmentos de la fractura mediante maniobras inversas a las deformidades de la misma (fig. 12). Así, se procede a elevar la cabeza y a realizar maniobras de varización o valgización según la deformidad inicial, traccionando hacia anteroinferior en el caso del troquíter y hacia lateral en caso del troquín.



Fig. 11. Subtipo de fractura en cuatro fragmentos con desplazamiento en valgo

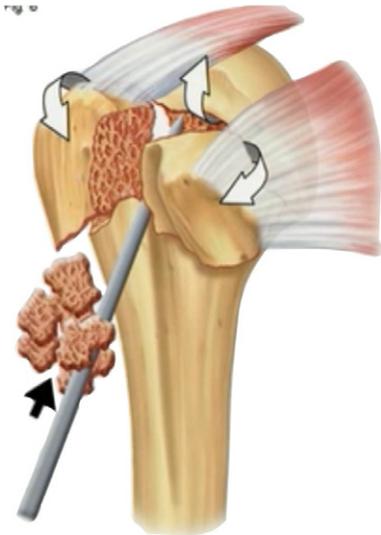


Fig. 12. Elevación del fragmento cefálico mediante elevador romo

Un error frecuente tras la reducción es interpretar que el fragmento del troquíter se encuentra ascendido cuando en realidad es la cabeza del húmero la que permanece impactada en la diáfisis. En esos casos, lo adecuado es elevarla y evaluar el defecto óseo existente para rellenarlo con una medida adecuada de aloinjerto de peroné (LifeNet Health, VA, Estados Unidos) (fig. 13).



Fig. 13. Preparación del injerto de peroné

Nosotros nos decantamos por esta presentación porque está dotada de una tecnología (Preservon) que permite mantenerlo hidratado a temperatura ambiente sin comprometer sus propiedades biomecánicas y ofrece una esterilidad 10^{-6} SAL, igualando la de cualquier otro implante médico. En nuestra práctica preferimos insertar el injerto de forma retrógrada según la técnica descrita por Gardner[20]. Ésta se basa en una separación de los fragmentos con la ayuda de suturas de tracción o de agujas de Kirschner para poder introducir el injerto hacia la diáfisis humeral (fig. 14). En ocasiones puede ser necesario tallar el fragmento distal, ya que las diáfisis demasiado estrechas pueden impedir la introducción del injerto (fig. 15). Éste se embute en el canal medular con la ayuda de un impactor romo -evitando aplicar demasiada fuerza- y a continuación se procede a reducir la fractura. En condiciones idóneas se buscará que el injerto sobresalga proximalmente con respecto al cuello quirúrgico entre 2 y 3 centímetros[21] (fig. 16). La colocación del injerto de modo endóstico y subcondral permite reducir, de forma indirecta, la cabeza a la diáfisis, restaurando el ángulo cervicodiafisario (siendo los valores normales entre 125° y 145°). Una reducción en varo (por debajo de 120°) se

asociada a un mayor número de complicaciones y al fracaso temprano del implante, independientemente de las características del paciente o del tipo de fractura[22].

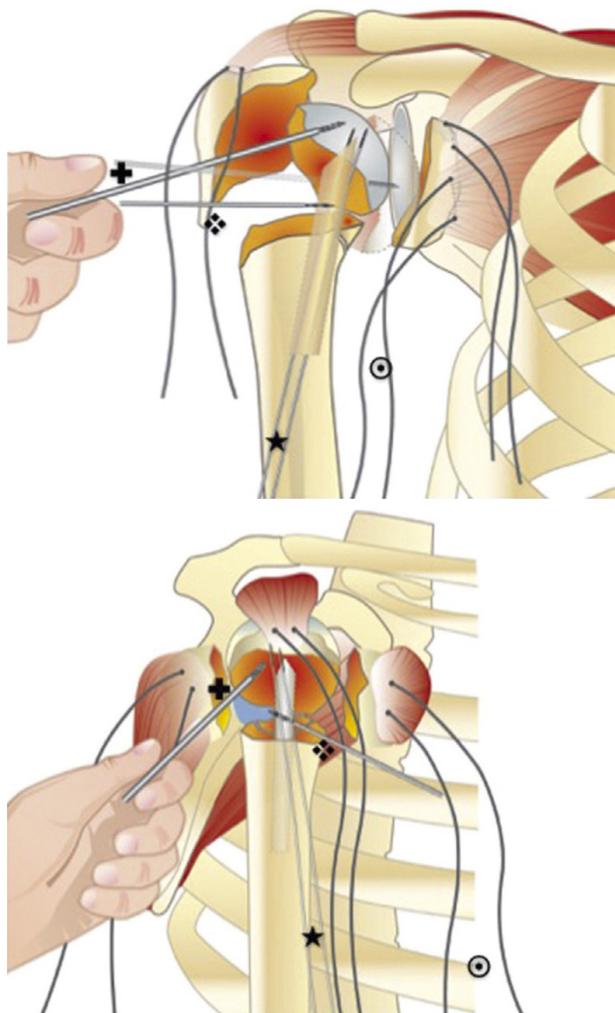


Figura 14. Esquema de la colocación del injerto de peroné en el canal. Tomado de Gravaskar, 2016

Se recomienda que la longitud del injerto sea lo más corta posible, ya que la gran integración del injerto en el canal endomedular puede dificultar posibles revisiones futuras. Existen estudios que comparan la eficacia del injerto de esponjosa con los injertos endomedulares de peroné, los cuales podemos considerar cuando sospechemos una alta probabilidad de reconversión en artroplastia por fracaso de la osteosíntesis[23,24].

Una vez reducida la fractura, ésta se estabiliza de forma provisional con 2 agujas de Kirschner de 1,6 o 1,8 mm, que se insertarán desde la diáfisis hacia la cabeza humeral y se situarán de forma que no impidan la correcta colocación de la placa sobre el aspecto lateral del húmero (fig. 17).

Antes de colocar la placa, realizaremos un cerclaje en ocho del troquín y del troquíter, lo que convierte una fractura conminuta en una menos compleja. Preferimos realizar este cerclaje antes de colocar la placa para evitar sobrecorrecciones de las tuberosidades (fig. 18).



Fig. 15. Tallado del injerto del peroné a nivel distal



Fig. 16. Impactación del injerto en el canal medular

La placa de osteosíntesis (PANTERA, Toby Orthopaedics, FL, Estados Unidos) se sitúa, aproximadamente, unos 5 mm posterolateral con respecto al surco bicipital. El cálculo de la altura de la placa se realiza siguiendo



Fig. 17. Estabilización temporal mediante agujas de Kirschner

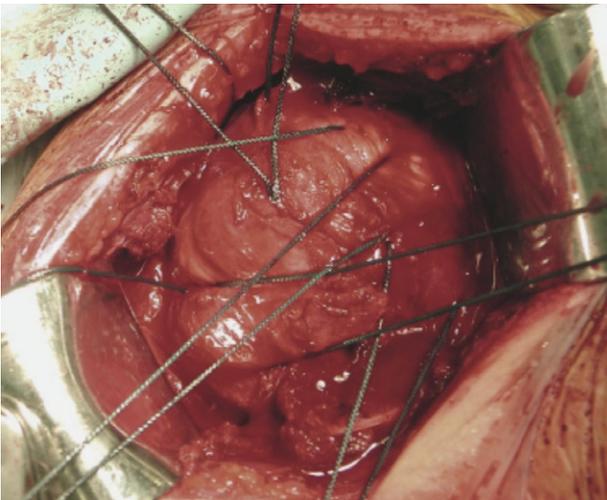


Fig. 18. Cerclaje de tuberosidades previo a la colocación de la placa



Fig. 19. Cálculo de la altura de la placa de osteosíntesis

la técnica quirúrgica descrita por cada fabricante. En el caso de la placa PANTERA, el tornillo cefálico central tiene que coincidir con el centro de la cabeza humeral (fig. 19). Una vez calculada la altura idónea de la placa, se estabiliza provisionalmente mediante dos agujas de Kirschner divergentes -habitualmente la superior y la central- tras lo que se colocará el tornillo diafisario proximal. En algunos casos se puede utilizar un tornillo de empuje para medializar el injerto de peroné tal como preconiza Gardner[20]. Se realiza una perforación de la cortical lateral sin atravesar el injerto de peroné y, tras medir la profundidad del brocado, se coloca un tornillo de compresión de entre 4 y 6 mm mayor que la distancia medida. Este tornillo permite medializar el injerto de peroné, reducir la fractura y restaurar la columna medial (fig. 20). Tras él se colocan los tornillos más distales. Es posible dejar el tornillo de empuje en su posición o sustituirlo posteriormente, atravesando el injerto.

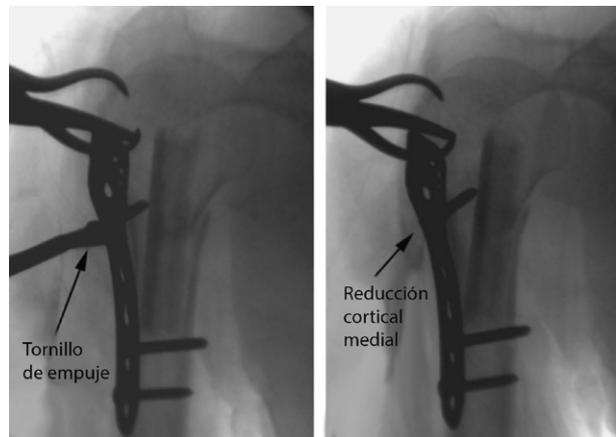


Fig. 20. Técnica para la colocación del tornillo de empuje. Reproducido de Gardner y cols, 2008

Al brocar el injerto debemos de tener en cuenta que se trata de un hueso más duro que el del paciente, por lo que pueden surgir complicaciones como la rotura de la broca o del propio injerto[25].

Una de las principales complicaciones tras las fracturas tratadas con placas de bloqueo consiste en la perforación articular primaria o secundaria de los tornillos cefálicos. En algunas series se han registrado hasta un 50% de casos de perforaciones primarias. Para evitar esta complicación se recomienda utilizar -una vez atravesada la cortical lateral- el medidor de profundidad hasta que notemos el hueso subcondral. Tomando de base esta medida, introduciremos un tornillo que sea entre 2 y 3 mm más corto. De este modo pueden disminuirse hasta un 30% de las penetraciones articulares primarias, según algunos autores[9].

Kim[26] demostró la superioridad del uso de injerto de peroné frente a los tornillos inferomediales cuando se emplea como técnica única, por lo que la combinación de ambas parece lo deseable para mejorar los resultados obtenidos.

Una vez realizada la osteosíntesis definitiva, procederemos a realizar la sutura de supraespinoso sobre la placa para, de este modo, neutralizar las fuerzas de varización que se producen durante la abducción por parte de este músculo[6,27,28].

Finalizaremos la intervención con una irrigación del lecho quirúrgico y cierre por planos. La utilización de una sutura no reabsorbible cerrando el intervalo deltopectoral puede ser de gran utilidad en caso de precisar cirugías de revisión.

Discusión

Las fracturas desplazadas del húmero proximal son lesiones comunes[1]. La reducción y la fijación deben ser suficientemente estables para permitir un movimiento temprano del hombro y, de este modo, maximizar la posibilidad de un buen resultado funcional[5].

El concepto de la tecnología de tornillos de bloqueo inicialmente pareció ser el idóneo para estas fracturas. Sin embargo, cada vez hay más pruebas de que las placas de bloqueo y los tornillos colocados desde lateral pueden no prevenir de forma fiable la pérdida de reducción[20].

El rendimiento mecánico de las placas bloqueadas de húmero proximal ha sido variable según los autores. Un estudio multicéntrico de 132 pacientes encontró una tasa de pérdida de fijación del 9% con una tasa de revisión del 20%, considerándose como fracasos al cabo de un año el 23% de los casos[9]. Datos más recientes han sugerido que la integridad y la estabilidad lograda en la columna medial es el factor clave para predecir la pérdida de fijación[8,20]. Sin embargo, actualmente hay pocas opciones quirúrgicas disponibles que aborden específicamente la columna medial del húmero proximal fracturado.

La técnica presentada utiliza un aloinjerto de peroné como herramienta de reducción indirecta y soporte mecánico[11]. En nuestra experiencia clínica, esta técnica ha sido útil para ambos propósitos.

Las fracturas con mecanismos de alta energía y conminución medial, o aquellas con hueso osteoporótico y mala alineación medial persistente después de las maniobras de reducción, pueden ser indicaciones para el aumento con injerto de peroné.

El diámetro promedio del peroné es ideal para su implantación en el húmero proximal. Es suficientemente grande para llenar la metafisis proximal y suficientemente fuerte para proporcionar resistencia a la compresión en el caso de una columna medial conminuta. Además, es lo bastante pequeño como para permitir una movilidad adecuada para la traslación medial como herramienta de reducción y para la inclinación en varo para asentar la porción proximal en la cabeza humeral inferomedial. Además, la superficie cortical permite la acción del tornillo de compresión y su perforación posterior para la

estabilización del tornillo de bloqueo. En este sentido, la menor distancia entre las cabezas de los tornillos de bloqueo y el agarre cortical del peroné permite que un brazo de palanca menor actúe sobre los tornillos de bloqueo, mejorando teóricamente la estabilidad mecánica[8].

Una última ventaja es que el aloinjerto se remodela y se incorpora al sistema esquelético del paciente, evitando la extracción del implante endóxico, sin embargo esta circunstancia puede constituir una desventaja en el momento de abordar una cirugía de revisión mediante artroplastia al dificultar el fresado del canal medular[20,24,29].

En cuanto a las desventajas asociadas con su uso, estas son comunes a las de cualquier aloinjerto de banco; es decir, suministro limitado, necesidad de acreditación del centro como banco de huesos, incremento del coste del tratamiento quirúrgico y, por último, riesgo de infección. No obstante, los problemas de suministro y la necesidad de acreditación pueden eliminarse si se emplean aloinjertos de bancos no locales. Además, algunos métodos de preservación permiten el almacenamiento de los injertos a temperatura ambiente, lo que facilita la logística y la disponibilidad, incluso en situaciones de urgencia. Neviasser publicó un caso de infección superficial en su serie de 38 casos que se resolvió con tratamiento antibiótico por vía oral durante 2 semanas[30].

Teniendo en cuenta las altas tasas de reoperación reportadas con las placas bloqueadas de forma aislada[22], podemos afirmar que la utilización de esta técnica minimiza los fracasos de tipo mecánico y los procedimientos de revisión.

Casos clínicos

En nuestro servicio empleamos la técnica descrita desde el año 2018 y hemos acumulado una casuística de alrededor de 30 casos. Los resultados, tal como predecía la literatura, son muy prometedores, pues nos permite reconstruir fracturas que -de otro modo- estarían abocadas al tratamiento mediante artroplastia.

Presentamos aquí cuatro casos clínicos a modo de ejemplo. Tres de ellos registraron resultados funcionales muy satisfactorios, mientras que el cuarto describe un caso en el que la paciente desarrolló necrosis avascular. Este riesgo era previsible desde el mismo momento de la fractura, pero la edad de la paciente nos llevó a intentar el tratamiento mediante osteosíntesis.

Aunque los criterios que permiten predecir una posible necrosis avascular tras fractura de húmero proximal han sido bien descritos por Hertel[31], ésta técnica nos permite -en el caso de pacientes jóvenes- intentar una osteosíntesis para tratar de evitar el tratamiento mediante artroplastia tal cual fue descrito por Bastian y el propio Hertel[32] siempre y cuando podamos realizar una adecuada reducción y mantenerla en el tiempo.

Caso 1

Paciente mujer de 75 años que presenta una fractura de tercio proximal del húmero derecho (mano dominante), tras una caída casual en su domicilio. Nos fue remitida desde otro centro donde se le había propuesto tratamiento ortopédico. No presenta antecedentes médicos de interés.

Presenta fractura en tres partes sin integridad de la bisagra medial y con extensión posteromedial mayor de 8 mm del fragmento cefálico (según los criterios de Hertel, con alta probabilidad de necrosis avascular postraumática)[31] (fig. 21).

Se llevó a cabo osteosíntesis mediante placa Pantera y aumentación con injerto endomedular de peroné, obteniéndose reducción de la columna medial. Sin embargo, esa reducción presentó un déficit de corrección en varo (fig. 22).

A pesar del varo previo, la fractura consolidó adecuadamente. Al año de la intervención quirúrgica, la paciente fue dada de alta presentando un balance articular activo de 140° de flexión, 40° de rotación externa y L4 en rotación interna (fig. 23).

En esta caso, y a consecuencia del varo previo, sin la utilización del injerto de peroné hubiera sido esperable una perforación secundaria de los tornillos cefálicos, así como una necrosis avascular.

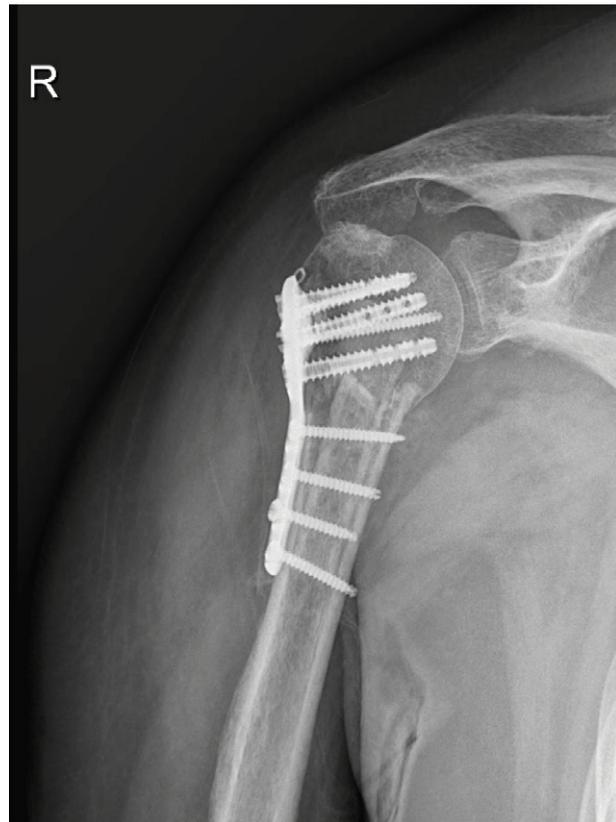


Fig. 22. RAFI con aporte de injerto. Persiste la deformidad en varo



Fig. 21. Fractura en tres partes.

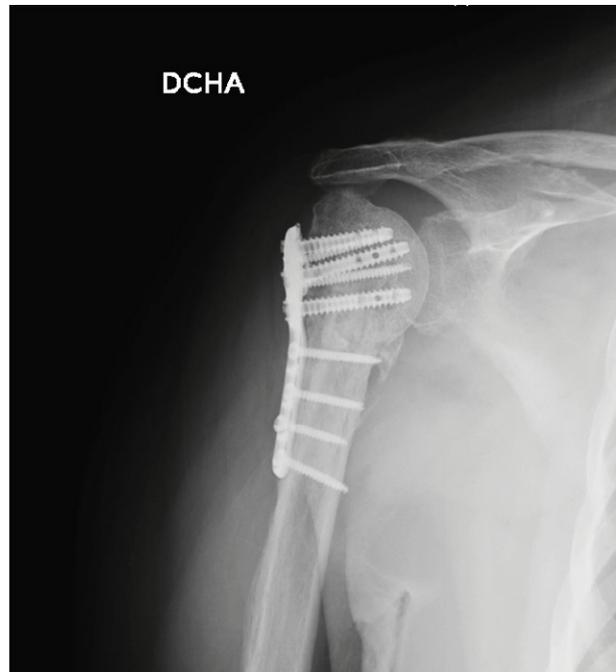


Fig. 23. Control radiológico al año de la fractura

Caso 2

Paciente mujer de 70 años que acude al servicio de urgencias tras sufrir una caída en su domicilio. Presenta una fractura en valgo del tercio proximal del húmero derecho (dominante) y fractura del radio distal contralateral (fig. 24).

Se realiza osteosíntesis mediante placa Pantera y aumentación con injerto endomedular de peroné, obteniéndose reducción de la columna medial (fig. 25).

Tras tres meses de evolución, la paciente presenta consolidación de ambas fracturas con balance articular activo de 120° flexión, 20° de rotación externa y alcanza L5 en rotación interna (figs. 26-28). Además, ha comenzado a retomar su actividad deportiva habitual: el golf.

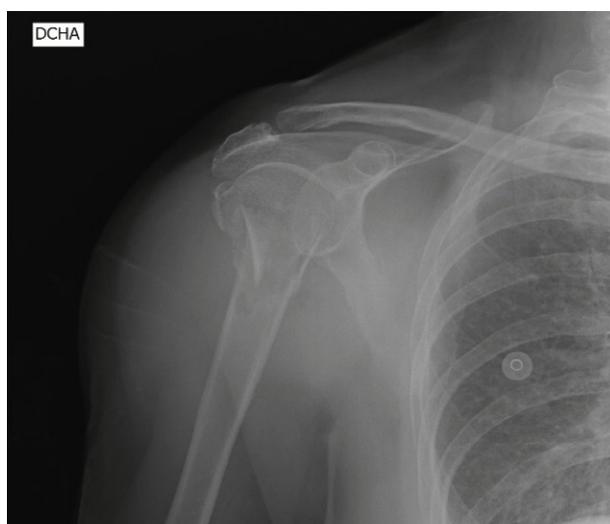


Fig. 24. Subtipo de fractura en tres fragmentos con desplazamiento en valgo

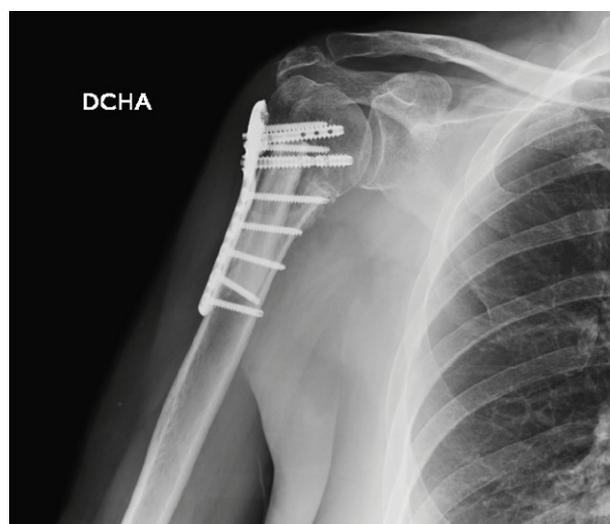


Fig. 25. Control radiológico de RAFI con aporte de injerto (3 meses)



Figs. 26-28. Control clínico a los tres meses

Caso 3

Paciente mujer de 76 años con fractura en valgo del húmero proximal derecho (dominante) ocasionada por una caída en su domicilio (fig. 29).

Se realiza osteosíntesis mediante placa Pantera y aumentación con injerto endomedular de peroné, presentándose control radiológico y clínico al año de la intervención quirúrgica, con un balance articular funcional (figs. 30-33).



Fig. 29. Fractura en tres fragmentos



Fig. 30. Control radiológico de RAFI con aporte de injerto (12 meses)



Figs. 31-33. Control clínico a los 12 meses

Caso 4

Paciente mujer de 47 años que, tras una caída casual, presenta una fractura en el húmero proximal derecho con parálisis de plexo braquial asociada. La fractura presentaba cuatro fragmentos con extensión metafisaria y gran conminución. Aunque la extensión posteromedial del fragmento cefálico estaba por debajo de los 8 mm, no había una integridad de la bisagra medial (figs. 34 y 35).

Se realizó osteosíntesis mediante placa Pantera y aumentación con injerto endomedular de peroné, obteniéndose reducción anatómica y un buen soporte de la columna medial.

A los tres meses, en un control radiológico se aprecia la persistencia de la reducción y no había signos de necrosis avascular (fig. 36). Sin embargo, a los seis meses se apreciaba deformidad de la cabeza humeral y signos de necrosis avascular (fig. 37). Unos meses más tarde se produjo una perforación secundaria de los tornillos cefálicos (no se dispone de imágenes). En la actualidad, se encuentra en seguimiento por parte de una mutua de accidentes laborales y pendiente de artroplastia de revisión.

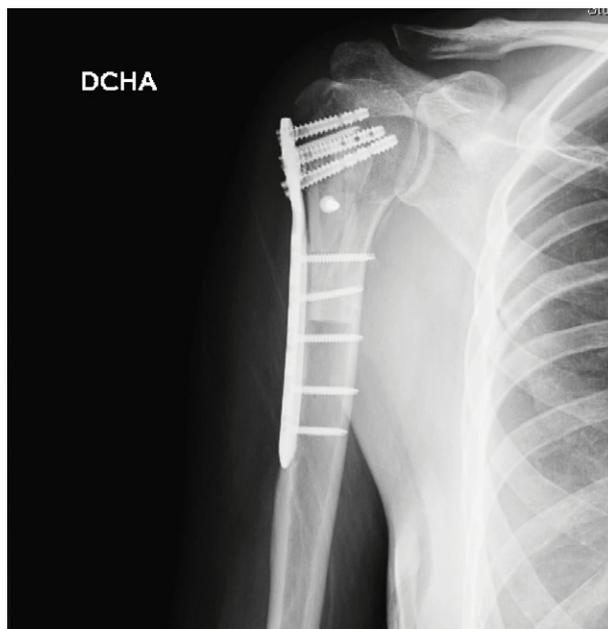
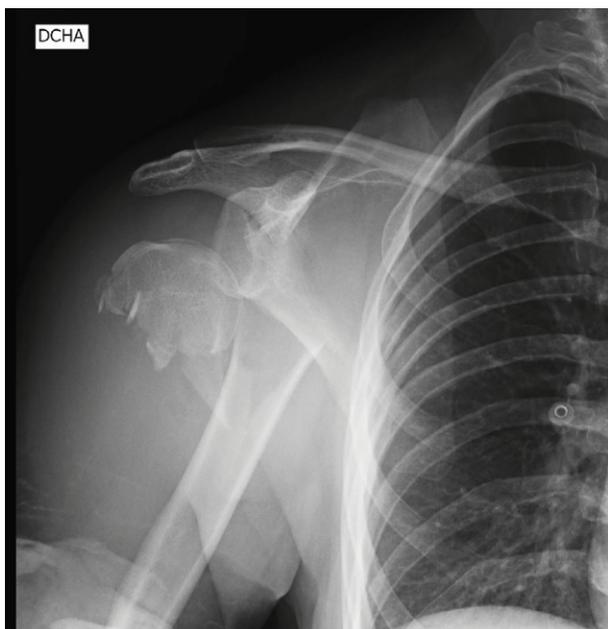


Fig. 36. Control radiológico de RAFI con aporte de injerto (3 meses)



Figs. 34 y 35. Fractura de cuatro fragmentos con extensión metafisaria



Fig. 37. Control radiológico a los 6 meses. Presencia de necrosis avascular de la cabeza humeral.

Bibliografía

1. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2006;442:87–92. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000194672.79634.78>.
2. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 2001;72:365–71. <https://doi.org/10.1080/000164701753542023>.
3. Hessmann MH, Sternstein WS, Hansen M, Krummenauer F, Pol TF, Rommens M. Locked plate fixation and intramedullary nailing for proximal humerus fractures: A biomechanical evaluation. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 2005;58:1194–201. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000170400.68994.AB>.
4. Nguyen T V., Center JR, Sambrook PN, Eisman JA. Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly men and women: The Dubbo osteoporosis epidemiology study. *Am J Epidemiol* 2001;153:587–95. <https://doi.org/10.1093/aje/153.6.587>.
5. Gerber C, Werner CML, Vienne P. Internal fixation of complex fractures of the proximal humerus. *J Bone Jt Surg - Ser B* 2004;86:848–55. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.86B6.14577>.
6. Ring D. Current concepts in plate and screw fixation of osteoporotic proximal humerus fractures. *Injury* 2007;38:59–68. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2007.08.013>.
7. Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Jt Surg - Ser A* 2009;91:1689–97. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00133>.
8. Hsiao CK, Tsai YJ, Yen CY, Lee CH, Yang TY, Tu YK. Intramedullary cortical bone strut improves the cyclic stability of osteoporotic proximal humeral fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18:64. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1421-8>.
9. Brunner F, Sommer C, Bahrs C, Heuwinkel R, Hafner C, Rillmann P, et al. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: A prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma* 2009;23:163–72. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3181920e5b>.
10. Egol KA, Ong CC, Walsh M, Jazrawi LM, Tejwani NC, Zuckerman JD. Early complications in proximal humerus fractures (OTA types 11) treated with locked plates. *J Orthop Trauma* 2008;22:159–64. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318169ef2a>.
11. Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorich DG. The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:185–91. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3180333094>.
12. Hardeman F, Bollars P, Donnelly M, Bellemans J, Nijs S. Predictive factors for functional outcome and failure in angular stable osteosynthesis of the proximal humerus. *Injury* 2012;43:153–8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.04.003>.
13. Krappinger D, Bizzotto N, Riedmann S, Kammerlander C, Hengg C, Kralinger FS. Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury* 2011;42:1283–8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.01.017>.
14. Lescheid J, Zdero R, Shah S, Kuzyk PRT, Schemitsch EH. The biomechanics of locked plating for repairing proximal humerus fractures with or without medial cortical support. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 2010;69:1235–42. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181beed96>.
15. Lill H, Hepp P, Korner J, Kassi JP, Verheyden AP, Josten C, et al. Proximal humeral fractures: How stiff should an implant be? A comparative mechanical study with new implants in human specimens. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123:74–81. <https://doi.org/10.1007/s00402-002-0465-9>.
16. Bae JH, Oh JK, Chon CS, Oh CW, Hwang JH, Yoon YC. The biomechanical performance of locking plate fixation with intramedullary fibular strut graft augmentation in the treatment of unstable fractures of the proximal humerus. *J Bone Jt Surg - Ser B* 2011;93 B:937–41. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B7.26125>.
17. Chow RM, Begum F, Beaupre LA, Carey JP, Adeeb S, Bouliane MJ. Proximal humeral fracture fixation: Locking plate construct ± intramedullary fibular allograft. *J Shoulder Elb Surg* 2012;21:894–901. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.04.015>.
18. Gardner MJ, Griffith MH, Dines JS, Briggs SM, Weiland AJ, Lorich DG. The extended anterolateral acromial approach allows minimally invasive access to the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res* 2005;434:123–9. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000152872.95806.09>.
19. Gardner MJ, Voos JE, Wanich T, Helfet DL, Lorich DG. Vascular implications of minimally invasive plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2006;20:602–7. <https://doi.org/10.1097/01.bot.0000246412.10176.14>.
20. Gardner MJ, Boraiah S, Helfet DL, Lorich DG. Indirect medial reduction and strut support of proximal humerus fractures using an endosteal implant. *J Orthop Trauma* 2008;22:195–200. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31815b3922>.

21. Saltzman BM, Erickson BJ, Harris JD, Gupta AK, Mighell M, Romeo AA. Fibular Strut Graft Augmentation for Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humerus Fractures: A Systematic Review and the Authors' Preferred Surgical Technique. *Orthop J Sport Med* 2016;4:232596711665682. <https://doi.org/10.1177/2325967116656829>.
22. Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, Helwig P, Morgan SJ, Zechel W, et al. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma* 2007;21:676–81. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31815bb09d>.
23. Sheng N, Wang Q, Chu G, Wang L, Cheng M, Weng Z, et al. Cancellous bone allograft is comparable to fibular strut allograft for augmentation in three- or four-part proximal humeral fractures. *J Shoulder Elb Surg* 2021;30:2065–72. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.11.029>.
24. Cha H, Park KB, Oh S, Jeong J. Treatment of comminuted proximal humeral fractures using locking plate with strut allograft. *J Shoulder Elb Surg* 2017;26:781–5. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.09.055>.
25. Lee SH, Han SS, Yoo BM, Kim JW. Outcomes of locking plate fixation with fibular allograft augmentation for proximal humeral fractures in osteoporotic patients. *Bone Joint J* 2019;101-B:260–5. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B3.BJJ-2018-0802.R1>.
26. Kim DS, Lee DH, Chun YM, Shin SJ. Which additional augmented fixation procedure decreases surgical failure after proximal humeral fracture with medial comminution: fibular allograft or inferomedial screws? *J Shoulder Elb Surg* 2018;27:1852–8. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.03.020>.
27. Mathison C, Chaudhary R, Beaupre L, Reynolds M, Adeeb S, Bouliane M. Biomechanical analysis of proximal humeral fixation using locking plate fixation with an intramedullary fibular allograft. *Clin Biomech* 2010;25:642–6. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.04.006>.
28. Gavaskar AS, Karthik B. B, Tummala NC, Srinivasan P, Gopalan H. Second generation locked plating for complex proximal humerus fractures in very elderly patients. *Injury* 2016;47:2534–8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.08.010>.
29. Manzi JE, Ruzbarsky JJ, Rauck RC, Gulotta L V., Dines JS, Dines DM. Failed Proximal Humerus Osteosynthesis Using Intramedullary Fibular Strut Allograft Conversion to Reverse Shoulder Arthroplasty. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2020;24:7–12. <https://doi.org/10.1097/BTH.0000000000000260>.
30. Neviasser AS, Hettrich CM, Beamer BS, Dines JS, Lorch DG. Endosteal strut augment reduces complications associated with proximal humeral locking plates. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:3300–6. <https://doi.org/10.1007/s11999-011-1949-0>.
31. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elb Surg* 2004;13:427–33. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2004.01.034>.
32. Bastian JD, Hertel R. Initial post-fracture humeral head ischemia does not predict development of necrosis. *J Shoulder Elb Surg* 2008;17:2–8. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.03.026>.

Notas

A series of horizontal dotted lines for writing notes.



Avda. Jardín Botánico 1345. Silos del Intra
33203 Gijón. España
T: +34 985 195 505 F: +34 985 373 452

www.mbainstitute.eu



MBA INCORPORADO, S.L.

