

Seudoartrosis recalcitrante de húmero: técnica de reconstrucción biológica

Martín Caloia, Alejandro Meritano, Diego González Scotti, Sergio Ronconi, María Emilia Serur, Hugo Caloia, Gerónimo Chamorro, Gonzalo Guevara Herrera, Agustina Laboranti

Sector de Cirugía de Mano y Reconstructiva de Miembro Superior, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Universitario Austral, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: La incidencia de pseudoartrosis en las fracturas de húmero tratadas de forma conservadora es del 2-10%, y del 15% en aquellas operadas. La definición de pseudoartrosis recalcitrante es aún tema de debate. El objetivo es comunicar los resultados de una serie de pacientes con pseudoartrosis recalcitrante de húmero tratados con osteosíntesis estable y reconstrucción biológica con aloinjerto mediante una nueva técnica de montaje. **Materiales y Métodos:** La serie incluyó a 33 pacientes evaluados entre 2012 y 2021, 20 mujeres y 13 hombres (edad promedio 65.4 años). El tiempo de evolución de la pseudoartrosis recalcitrante era de 33.3 meses. Todos tuvieron un seguimiento promedio de 33.2 meses. **Resultados:** Treinta y dos de los 33 pacientes tratados con esta técnica (97%) tuvieron una consolidación completa y uno, una parcial. El período de consolidación promedio fue de 4.6 meses y el de osteointegración completa del aloinjerto, de 8.1 meses. Para la evaluación funcional se consideraron la escala analógica visual, el puntaje ASES, el puntaje de Constant-Murley y los arcos de movilidad del codo. **Conclusiones:** El manejo de las pseudoartrosis recalcitrantes de húmero sigue siendo un dilema y un problema no resuelto aún para los cirujanos experimentados. La combinación entre el uso de un material de osteosíntesis específico sumado al aloinjerto óseo fijado con tornillos aumenta considerablemente la estabilidad mecánica, permite una movilidad precoz, y actúa como un andamio osteoinductor y osteoconductor vital para la consolidación.

Palabras clave: Húmero; pseudoartrosis recalcitrante; aloinjerto; diáfisis.

Nivel de Evidencia: IV

Recalcitrant Humeral Nonunion: Biological Reconstruction Technique

ABSTRACT

Introduction: Nonunion of the humeral shaft occurs in between 2% and 10% of non-surgically treated fractures and up to 15% of fractures treated with initial open reduction and internal fixation. The definition of recalcitrant nonunion is still under debate. The purpose of this study is to present the outcomes of a series of patients with recalcitrant pseudarthrosis of the humerus who were treated with stable osteosynthesis combined with biological reconstruction using allograft utilizing a novel surgical approach. **Materials and Methods:** The series included 33 patients treated between 2012 and 2021. 20 women and 13 men, with a mean age of 65.4 years. The evolution time of recalcitrant pseudarthrosis was 33.3 months. The mean follow-up was 33.2 months. **Results:** Out of a total of 33 patients treated with this technique, 32 (97%) achieved a complete consolidation and one patient had a partial consolidation. The average consolidation period was 4.6 months and the complete osseointegration of the allograft was 8.1 months. For the functional evaluation, the visual analog scale (VAS), ASES score, Constant score and elbow motion arcs were taken into account. **Conclusions:** Even among experienced surgeons, the treatment of recalcitrant pseudarthrosis of the humerus remains an obstacle and an unsolved challenge. The use of a specialized osteosynthesis material added to a bone allograft fixed with screws significantly increases mechanical stability, allowing early range of motion, and works as an osteoinductive and osteoconductive scaffold, all of which are essential for consolidation.

Keywords: Nonunion; recalcitrant; allograft; humeral fractures.

Level of Evidence: IV

Recibido el 3-4-2022. Aceptado luego de la evaluación el 1-2-2023 • Dr. MARTÍN CALOIA • mcaloia@intramed.net

 <https://orcid.org/0000-0002-8103-3036>

Cómo citar este artículo: Caloia M, Meritano A, González Scotti D, Ronconi S, Serur ME, Caloia H, Chamorro G, Guevara Herrera G, Laboranti A. Seudoartrosis recalcitrante de húmero: técnica de reconstrucción biológica. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2023;88(4):392-408. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2023.88.4.1556>

INTRODUCCIÓN

Las fracturas de la diáfisis humeral se producen entre el borde superior de inserción del pectoral mayor, a nivel proximal, y la región de la cresta supracondílea, distalmente. Estas lesiones constituyen el 1,2% de todas las fracturas en los adultos,¹ y tienen una incidencia anual de entre 10 y 20 por 100.000 habitantes.²⁻⁵ En los estudios publicados, la incidencia de seudoartrosis en las fracturas de húmero varía considerablemente, del 2% al 10% de las fracturas tratadas de forma conservadora, y el 15% de las operadas.⁶⁻⁸ Esta variación se debe, en gran parte, al peculiar aporte vascular de la región diafisaria humeral representado por un foramen nutricio en el 93,8% de los casos.⁹ La mayoría de las foramina se localizan en las tres quintas partes del húmero y tienen una dirección descendente hacia la articulación del codo.^{10,11} Las fracturas que se localizan en este segmento pueden dañar el aporte nutricio y traer problemas para la consolidación, especialmente cuando coexisten factores extrínsecos o morbilidades, o factores intrínsecos referidos al tipo de inmovilización o fijación utilizada, que alteran el “concepto del diamante” de Giannoudis y cols.¹² necesario para la cicatrización. De esta manera, la evolución de la fractura puede ser hacia una seudoartrosis hipertrófica o atrófica, esta última es la más frecuente. Las seudoartrosis de huesos largos siguen siendo un problema importante en todo el mundo y la del húmero no es la excepción, es un cuadro difícil de tratar aun en manos expertas. El término seudoartrosis se ha definido de varias maneras, y hay hasta un 55% de desacuerdo sobre el momento adecuado en el cual considerarla.¹³

La *Food and Drug Administration* de los Estados Unidos lo define como “la imposibilidad de lograr la unión tras 9 meses desde la lesión, y para la cual no ha habido signos de curación durante 3 meses consecutivos”. Otros han recomendado que, para los huesos largos, debe considerarse la entidad en un período de seis meses, en los cuales no se evidencian signos de consolidación radiológica de la fractura.¹⁴ En consecuencia, resulta más difícil la definición de “seudoartrosis recalcitrante”. Algunos autores la definen como aquella que no responde a los tratamientos convencionales en cualquiera de sus variantes, en pacientes que han sido operados, al menos, tres veces, por un período de más de dos años.¹⁵ Otros, en cambio, consideran aquellas que requieren más de una intervención para curarse.¹⁶ En su estudio de 125 pacientes, Wiss y Garlich sostienen que los principales factores de riesgo para este tipo de cuadro son el número de procedimientos previos (2 o más), el antecedente de infección y el tratamiento inicial de la fractura.¹⁶ Nosotros definimos a la seudoartrosis recalcitrante como aquella fractura que no responde al tratamiento conservador o quirúrgico con, al menos, una de las siguientes características:

- para el tratamiento conservador, tenemos en cuenta la falta de consolidación en un período de dos años, en pacientes sin factores de riesgo mayores, y un año en aquellos con dos o más factores de riesgo (se mencionan más adelante);
- para el tratamiento quirúrgico, un mínimo de dos operaciones previas sin signos clínicos y radiológicos de consolidación.

Si bien se han publicado numerosos estudios sobre el tratamiento cuando no hay consolidación diafisaria del húmero, donde se considera que la reducción cruenta y osteosíntesis sumada al injerto óseo autólogo es el método de referencia, poco hay escrito sobre el difícil escenario que representa el manejo de las seudoartrosis recalcitrantes.

El objetivo de este artículo es comunicar los resultados clínicos y radiológicos obtenidos en una serie consecutiva de pacientes con seudoartrosis recalcitrante de húmero evaluados, en forma retrospectiva, mediante el tratamiento prospectivo con osteosíntesis interna estable asociada a la reconstrucción biológica con aloinjerto congelado estructurado no irradiado usando una novedosa técnica de colocación “Onlay 90°-90°” o en forma de “telescopaje”, de acuerdo con el déficit de stock óseo y el tipo de seudoartrosis por rescatar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de una serie de 37 pacientes con seudoartrosis recalcitrante de húmero, evaluados de forma retrospectiva, analítica y descriptiva, entre 2012 y 2021, en el Servicio de Cirugía de Mano y Reconstructiva de Miembro Superior, operados por un cirujano de nivel V experto y otro de nivel IV avanzado, del mismo equipo quirúrgico, de acuerdo con la clasificación de Tang.¹⁷

Se consideraron los siguientes criterios de inclusión: 1) pacientes con seudoartrosis recalcitrante de húmero, con tratamiento conservador o cirugía previos fallidos incluidos aquellos con antecedente de infección, 2) pacientes con tratamiento definitivo fallido realizado por nuestro equipo quirúrgico y 3) pacientes con un seguimiento posoperatorio mínimo de un año. Los criterios de exclusión fueron: tratamiento de la seudoartrosis con una técnica diferente de la propuesta.

De esta manera, la muestra se redujo a 33 pacientes. En la primera evaluación, todos consultaron por dolor e impotencia funcional.

La serie estaba integrada por 20 mujeres y 13 hombres, con una edad promedio de 65.4 años (rango 27-80). Se los agrupó según la cinemática del trauma en accidentes de alta energía (pacientes <50 años) y de baja energía, como los caídos de propia altura (pacientes >50 años). El tiempo de evolución de la pseudoartrosis recalcitrante era de 33.3 meses (rango 3-120). El promedio de cirugías previas era de 3,28. Los pacientes tratados de forma conservadora (15,15%) alcanzaron un promedio de 31.2 meses hasta la cirugía (rango 12-51) (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Datos demográficos de los pacientes

Paciente	Edad	Tiempo de evolución (meses)	Intervenciones previas	Aloinjerto	Consolidación
CE	79	120	6	Onlay + Intercalar	Sí
CO	73	76	3	Onlay	Sí
EA	66	66	2	Onlay	Sí
VO	65	64	5 (Infección)	Onlay	Sí
EI	66	66	9	Onlay + Intercalar	Sí
DA	75	51	0	Onlay	Sí
AN	71	59	1	Onlay	Sí
CC	73	59	2	Onlay	Sí
LI	68	59	2 (Infección)	Onlay	Sí
NR	66	52	6 (Infección)	Onlay + Intercalar	Sí
RS	77	50	0	Onlay	Sí
MP	65	36	1	Onlay	Sí
RE	70	72	1	Onlay	Sí
SE	80	19	0	Onlay	Sí
BM	69	24	0	Onlay	Sí
CE	65	14	5	Onlay + Intercalar	Sí
NR	69	12	7	Onlay + Intercalar	Sí
CA	66	12	0	Onlay	Sí
PA	69	12	1	Onlay	Sí
LE	72	4	3	Onlay	Parcial
MR	27	11	2	Onlay	Sí
SR	34	3	2	Onlay	Sí
RS	77	24	4	Onlay	Sí
BJ	45	15	2	Onlay	Sí
DJ	46	10	3	Onlay	Sí
MS	47	7	5	Onlay	Sí
TS	68	18	3	Onlay	Sí
BZ	74	16	2	Onlay	Sí
MM	62	18	2	Onlay	Sí
MA	67	14	6	Onlay	Sí
CS	63	12	2	Onlay	Sí
RM	75	21	5	Onlay + Intercalar	Sí

Tabla 2. Análisis de los datos

Cantidad	33		
Sexo	Femenino: 20 (60,6%)		Masculino: 13 (39,4%)
Tipo de trauma	Baja energía: 28 (85%)		Alta energía (15%)
Lateralidad	Derecho: 19 (57,6%)		Izquierdo: 42,4%)
Dominancia	Dominante: 18 (54,5%)		No dominante: 15 (45,5%)
Localización	Proximal: 7 (21,2%)	Diafisaria: 20 (60,6%)	Distal: 6 (18,2%)
Tiempo de consolidación	Mínimo: 4 meses	Promedio: 4.6 meses	Máximo: 7 meses
Osteointegración	Mínimo: 7 meses	Promedio: 8.1 meses	Máximo: 11 meses
Seguimiento	Mínimo: 12 meses	Promedio: 33.2 meses	Máximo: 75 meses

El seguimiento promedio de todos los pacientes fue de 33.2 meses (rango 12-75) y la evaluación clínica incluyó el puntaje de Constant-Murley, la escala analógica visual (EAV), el *American Shoulder and Elbow Surgeons Score* (ASES) y la funcionalidad del codo mediante goniometría. En la población de pacientes tratados, se identificaron diferentes factores de riesgo para el desarrollo de este cuadro (Tabla 3).

Tabla 3. Factores de riesgo de seudoartrosis recalitrante de húmero

Inherentes al paciente	Inherentes a la fractura	Tratamiento
Obesidad	Patrón fracturario*	Brace funcional*****
Tabaquismo	Localización**	Fijación insuficiente
Alcoholismo	Fuerzas deformantes	Cantidad de cirugías previas
Diabetes	Fracturas expuestas***	
Uso de corticoides	Infecciones***	
Osteoporosis	Tercer fragmento****	
Rigidez previa hombro/codo	Fracturas patológicas***	
Edad avanzada	Fractura de antebrazo homolateral	
	Magnitud de la separación entre fragmentos óseos****	

*Ring y cols., 2007; Papasoulis y cols., 2010; Rutgers y Rings, 2006. **Ekholm y cols., 2010. ***Modaber y Jupiter, 1998. ****Neuhaus y cols., 2014. *****Toivanen y cols., 2005.

Como rutina y planificación preoperatoria, se solicitaron los siguientes estudios: radiografías anteroposterior y lateral de húmero, comparativas con técnica preferentemente digital; tomografía computarizada con reconstrucción 3D y biopsia por punción tipo “skip” del segmento afectado en casos de dudas o antecedentes de infección. En cuatro pacientes con varias cirugías previas (más de 4) y más de una placa de osteosíntesis, se utilizaron modelos de impresión rápida 3D para la planificación preoperatoria con el objetivo de cuantificar la zona del defecto óseo y elegir correctamente el implante y la longitud exacta de la tabla ósea o aloinjerto intercalar congelado no irradiado estructurado. En el resto, la medición se realizó con los estudios prequirúrgicos solicitados de rutina. Si era necesaria una resección ósea más amplia por la inviabilidad o la vitalidad dudosa de los extremos observadas durante la cirugía, se modificaba la planificación durante el procedimiento quirúrgico. Cabe destacar que esta modificación *in situ* no genera una complicación, ya que, en todos los casos, se solicita un aloinjerto de húmero total homolateral.

La evolución radiológica se analizó con radiografías digitales anteroposterior, lateral y oblicuas, y tomografía computarizada a las 6 semanas, 3, 6 y 9 meses.

Por otro lado, para que la cirugía de rescate con la técnica propuesta sea exitosa, consideramos que se deben tener en cuenta diversos factores fundamentales en la planificación. Para eso desarrollamos la “regla del hexágono” que es muy útil para el diagnóstico y la planificación preoperatoria en estos difíciles escenarios (Figura 1). Dicho esquema tiene en cuenta los factores de riesgo inherentes del paciente, la rigidez articular, la atrofia ósea por desuso, la movilidad y la reabsorción ósea a nivel del foco de pseudoartrosis y el cierre de los opérculos. Creemos que el análisis previo de este hexágono nos permite evaluar las posibilidades terapéuticas, elegir la mejor técnica de reconstrucción para cada caso en particular y armar una secuencia lógica intraoperatoria durante la técnica.

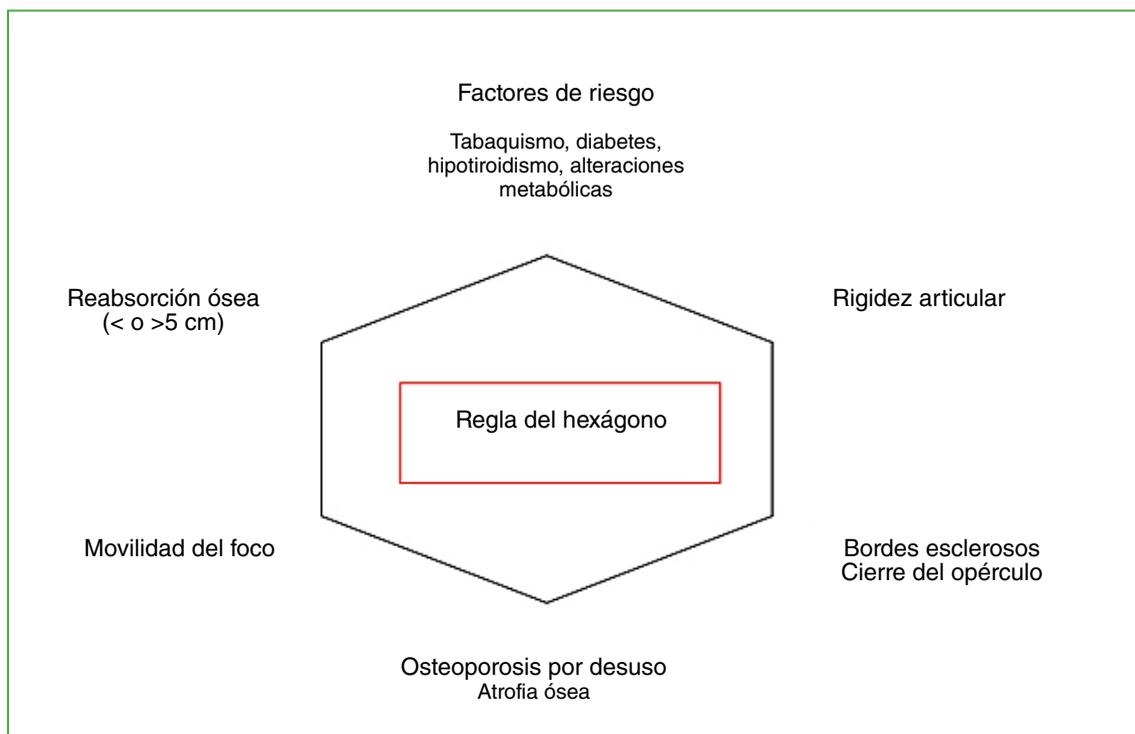


Figura 1. Regla del hexágono.

Proponemos una técnica basada en tres principios esenciales del tratamiento de las fracturas:

- Estabilización rígida de los fragmentos
- Estimulación del proceso de osteogénesis
- Movilización temprana

A estos principios sumamos el concepto del diamante descrito por Giannoudis.^{18,19}

Técnica quirúrgica

Como ya se mencionó, esta técnica fue diseñada teniendo como premisa, en primera instancia, los clásicos conceptos de cicatrización del diamante descritos por Giannoudis,^{18,19} donde es necesaria la presencia de células osteogénicas, mediadores osteoinductivos y una matriz osteoconductiva en el foco; y en segunda instancia, los factores de riesgo (resumidos con la regla del hexágono), en donde el stock óseo, la osteoporosis por desuso y la rigidez de las articulaciones vecinas (hombro y codo) producen, en forma biomecánica, un mayor estrés a nivel del foco y son causas habituales de fallas en los métodos tradicionales. También se contemplaron ciertas complicaciones publicadas por la morbilidad de la zona dadora de hueso autógeno, como el dolor, la impotencia funcional y

los hematomas, especialmente si los requerimientos de stock óseo son grandes que obligan a hospitalizar a ciertos pacientes. Mediante una meticulosa planificación preoperatoria, se pueden utilizar dos modalidades de reconstrucción biológica como coadyuvante a la osteosíntesis interna estable de acuerdo con el déficit de stock óseo y la calidad del hueso en el momento de la intervención. Elegimos como punto de corte los 5 cm de defecto óseo, ya que podemos realizar un acortamiento de la extremidad hasta esa medida sin comprometer estructuras vasculonerviosas y obtener un montaje rígido con la técnica utilizada, facilitando la cicatrización de los tejidos blandos y con buena tolerancia por parte de los pacientes, a pesar de que somos partidarios de mantener la longitud anatómica siempre que sea posible.

Déficit <5 cm de longitud: placa biológica o “strut cortical” de aloinjerto congelado no irradiado de húmero ubicado en una disposición que denominamos “Onlay 90°-90°” asociada con aloinjerto molido (técnica del canapé).

Déficit >5 cm de longitud: aloinjerto estructurado congelado no irradiado de húmero en disposición intercalar o de “telescopaje” asociado con aloinjerto molido intramedular.

Una correcta planificación preoperatoria puede reducir, al mínimo, errores y agilizar los tiempos quirúrgicos (Figura 2).

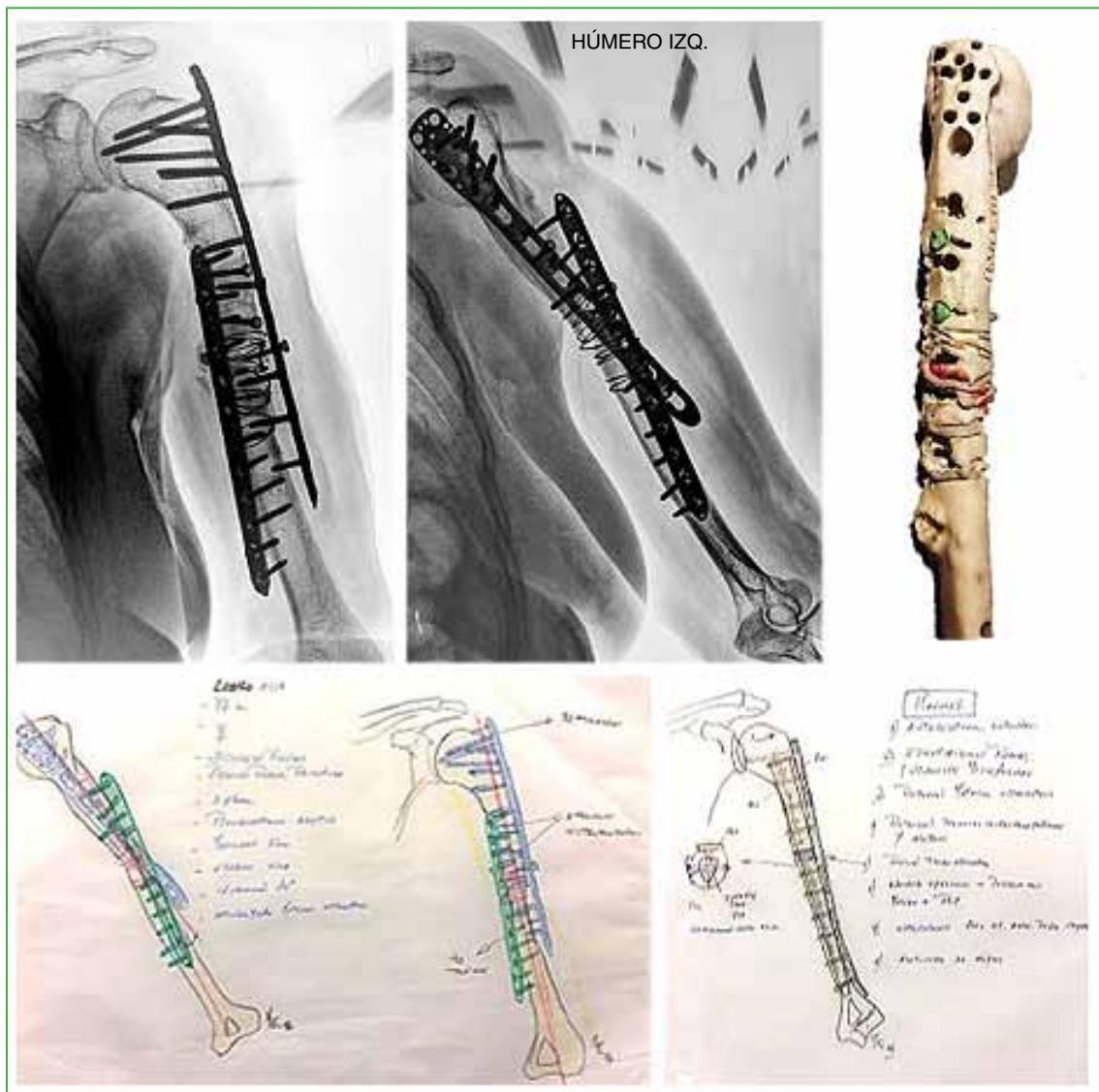


Figura 2. Planificación preoperatoria.

Secuencia y pasos clave

- Anestesia general o bloqueo plexual asistido por ecografía y sedación. Posicionamiento del paciente en decúbito dorsal a 45° (posición en silla de playa), a excepción del tercio distal que se realiza en decúbito ventral o lateral con un soporte a nivel del codo.
- Abordaje deltopectoral ampliado o posterior cuando la pseudoartrosis está cerca de la región supracondílea con punta fina de electrobisturí (Covidien®) para reducir el sangrado y el dolor, y mejorar la estética cutánea.
- Biopsia por punción por congelación cuando existen dudas o antecedentes de infección (en casos con >5 polimorfonucleares por campo se confecciona un espaciador de cemento con antibiótico - técnica de Masquelet).
- Profilaxis antibiótica 30 min antes de la cirugía con cefazolina 2 g, por vía intravenosa, seguida de una dosis de refuerzo a las 2 horas de iniciar el procedimiento.
- Resección de cicatrices queloides, si las hubiera.
- Neurólisis y reparación del nervio radial o cubital bajo magnificación microquirúrgica. Este paso puede consumir tiempo quirúrgico especialmente si el paciente ha tenido varias cirugías previas o neuropraxia del nervio radial.
- Tratamiento del foco de pseudoartrosis: decorticación, saucerización del sitio de ausencia de consolidación, resección de tejido óseo con aspecto macroscópico de necrosis, regularización de extremos, alineación (Figura 3).



Figura 3. Visualización del defecto de stock óseo mediodiafisario de húmero luego de retirar el material de osteosíntesis.

- Osteosíntesis: con placa bloqueada en compresión de 3,5/4,5 LC-DCP con cuatro tornillos bicorticales, como mínimo, en cada extremo; placas tipo Phyllos® o placas anatómicas de paleta humeral según la topografía de la seudoartrosis recalcitrante por tratar (Figura 4).

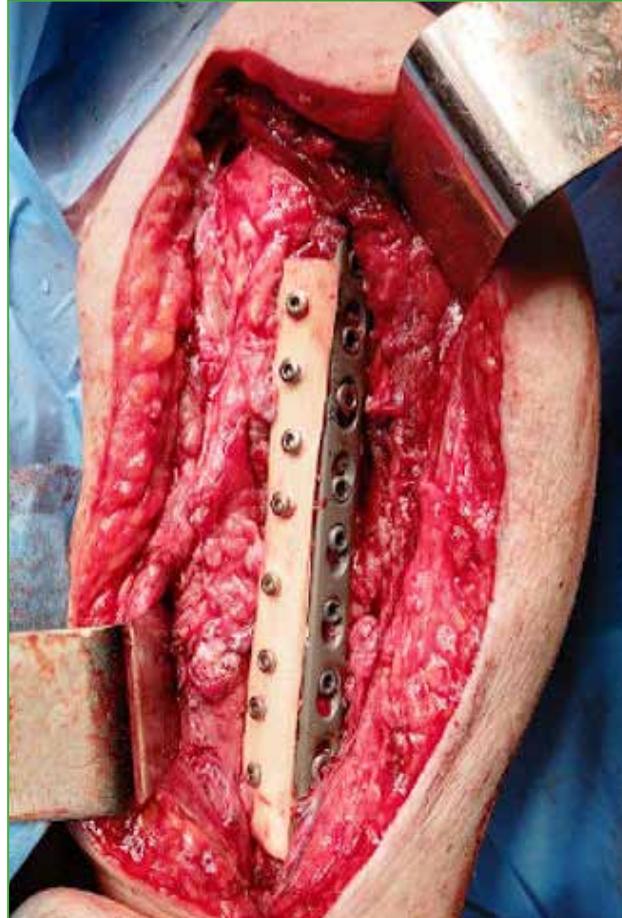


Figura 4. Técnica “Onlay 90°-90°”. Se observa la disposición de la placa DCP y el aloinjerto estructural, que se fija al hueso con tornillos de 4,5 mm.

En los defectos <5 cm de longitud, se utilizan tablas (“strut”) de aloinjerto estructural de húmero (placa biológica) de igual longitud a la de la placa de osteosíntesis y de la cara anterior, fijadas al hueso nativo mediante tornillos de compresión de 3,5/4,5 mm colocados en disposición anterior a 90° de la placa que generalmente se ubica en la cara lateral adquiriendo un sistema de fijación de 90°-90° (“Onlay 90°-90°”). De esta manera, se obtiene un montaje rígido y estable que permite la movilización temprana, favorece la incorporación del aloinjerto y evita su reabsorción (Figura 4). En la interfase hueso nativo-aloinjerto estructural, se coloca un aloinjerto molido en forma de “canapé” (Figura 5) para generar una mayor osteointegración y rellenar los espacios que pudieran quedar en dicha interfase. En la Figura 6, se muestra un esquema de la técnica quirúrgica cuando los defectos miden <5 cm.



Figura 5. Confección del canapé: disposición del aloinjerto molido dentro del aloinjerto estructural en forma de “canapé”.

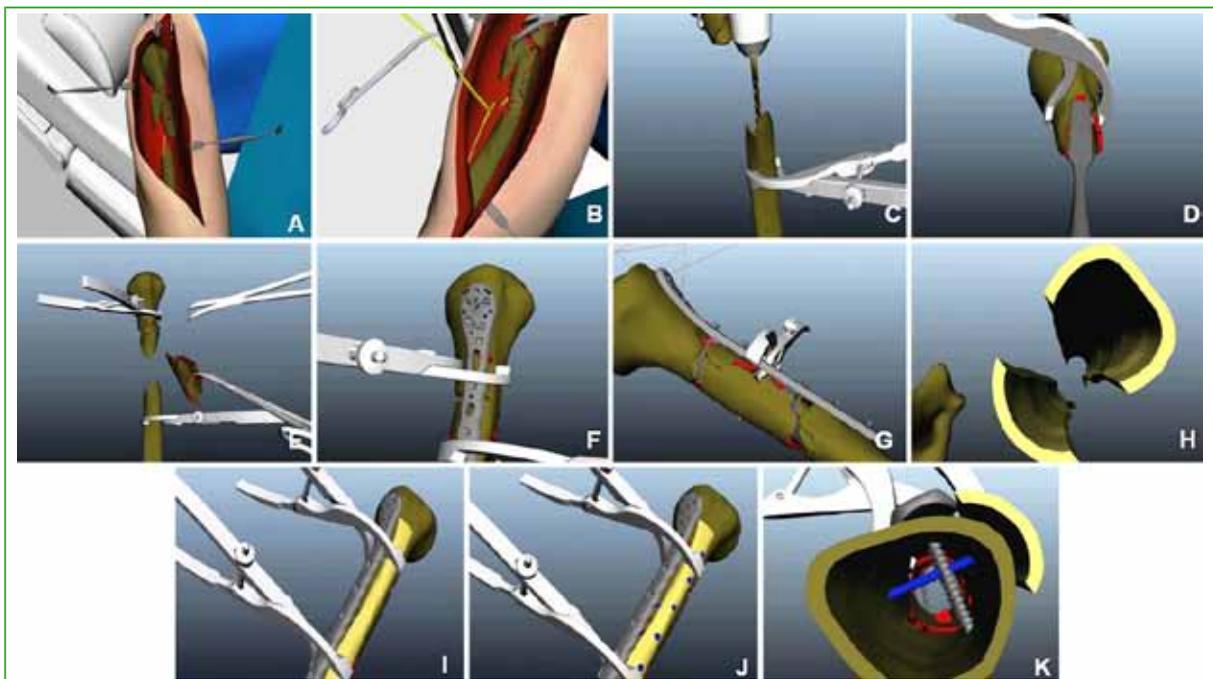


Figura 6. Esquema de la técnica quirúrgica. Déficit de stock óseo <5 cm. Técnica 90°-90°. **A.** Exposición del foco de pseudoartrosis. **B.** Identificación nerviosa. **C.** Tratamiento del foco de pseudoartrosis. **D.** Múltiples decorticaciones. **E.** Regularización de extremos – Remoción de tejidos desvitalizados. **F.** Colocación de placa bloqueada según el segmento por tratar. **G.** Fijación. **H.** Preparado del aloinjerto. **I.** Presentación del preparado sobre hueso nativo. **J.** Fijación de la tabla de aloinjerto al hueso nativo mediante tornillos. **K.** Disposición 90°-90° de los tornillos desde una vista intramedular.

En los defectos >5 cm de longitud, se coloca un aloinjerto congelado no irradiado de húmero en forma intercalar estructural o “telescopaje”, para aumentar la rigidez del montaje, asociado con la osteosíntesis en compresión por vía lateral de iguales características que las utilizadas para defectos <5 cm y colocación de aloinjerto molido en forma intramedular (Figura 7).

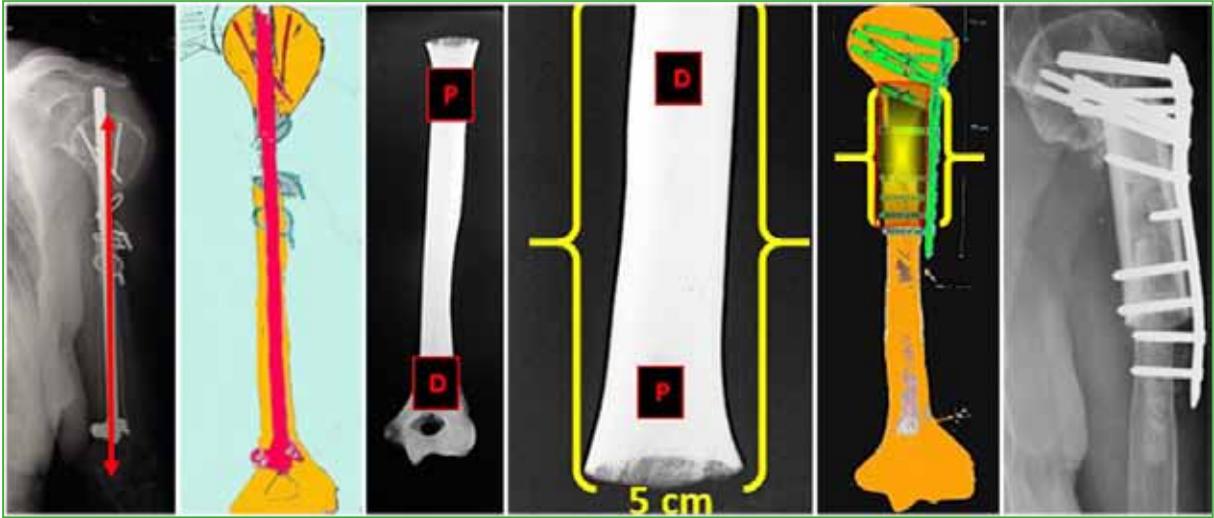


Figura 7. Esquema de la técnica quirúrgica. Déficit de stock óseo >5 cm. Técnica 90°-90°.

En ambas técnicas, siempre se agrega al aloinjerto vancomicina 2 g en polvo.

Si hay rigidez articular a causa de la inmovilización o cirugías previas (hombro-codo), se realiza una artrólisis de la articulación glenohumeral o distal a nivel del codo, paso clave para lograr una distribución normal de las fuerzas y evitar sobrecargas en el foco de reparación.

Se realiza un cierre cuticular intradérmico, sin drenaje y habitualmente sin inmovilización estática.

No se administra profilaxis antibiótica posoperatoria.

Protocolo de rehabilitación

A la semana, se inicia el protocolo de movilización pasiva asistida de la articulación del hombro y el codo, y el tratamiento de la cicatriz quirúrgica. A partir de la tercera semana, se indican la movilidad activa y el aumento de la tonificación muscular, los ejercicios con carga controlada progresiva hasta corroborar la osteointegración mediante tomografía computarizada con supresión metálica.

RESULTADOS

En la última evaluación, 32 de los 33 pacientes (97%) tratados con esta técnica tenían una consolidación completa; seis (18,18%) habían sido tratados con injerto intercalar en forma de “telescopaje” y 27 (81,81%), mediante tabla de aloinjerto; en un caso, se logró una consolidación parcial que no requirió un nuevo procedimiento, porque el paciente no tenía síntomas (Tabla 2).

El período de consolidación observado en la tomografía computarizada por la presencia de puentes de trabéculas óseas atravesando el foco de ausencia de consolidación fue de 4.6 meses (rango 4-9). El tiempo necesario para la osteointegración completa del aloinjerto es aún mayor y ronda los 8.1 meses en promedio (rango 7-11) (Figura 8). El seguimiento promedio fue de 33.2 meses (mínimo 12, máximo 75).

En dos casos, se utilizó plasma rico en plaquetas como coadyuvante. Uno fue intercalar y el otro “Onlay 90°-90°”. Se optó por este método debido a la mala calidad ósea de la región del húmero próximo al foco de consolidación y a la cantidad de cirugías previas (más de 7). No hubo diferencia con respecto al tratamiento sin plasma rico en plaquetas en cuanto a los tiempos de consolidación, aunque creemos que es un aporte biológico adicional.

Los pacientes cuya consolidación fue más rápida tenían pocas cirugías previas (<2), no tenían antecedentes de infecciones y pocas o ninguna comorbilidad (<3 factores de riesgo [Tabla 1]).

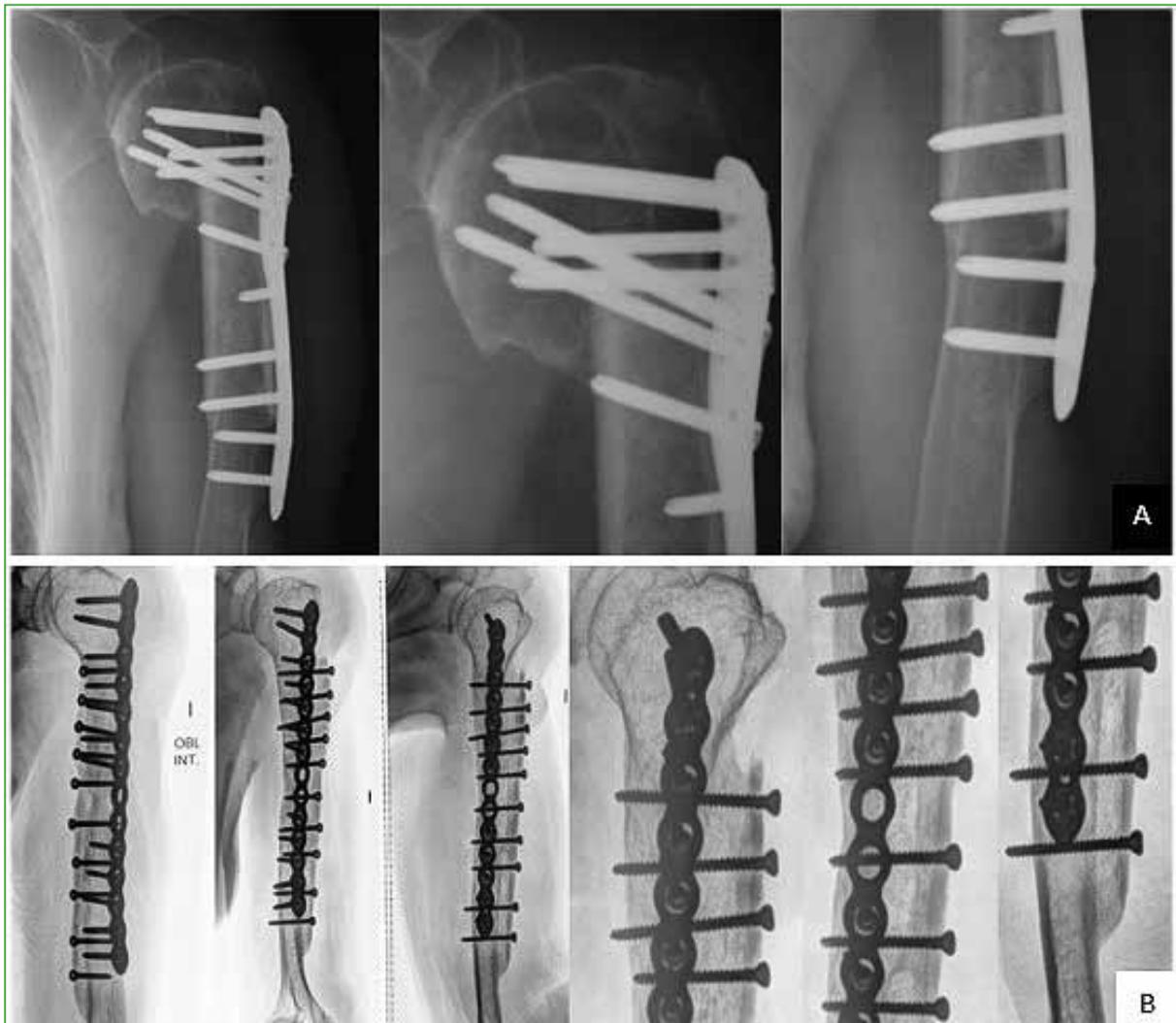


Figura 8. Control posoperatorio al año. **A.** Técnica de “telescopaje” para defectos >5 cm. **B.** Técnica “Onlay 90°-90°”. En ambos casos, se observan la consolidación de la pseudoartrosis y la osteointegración completa del aloinjerto.

Se realizó una artrólisis de hombro en siete casos (6 de húmero proximal y el restante de localización diafisaria) y una artrólisis de codo en cuatro casos (húmero distal), no se registraron infecciones posquirúrgicas, ni parálisis del nervio radial. Tres pacientes habían sufrido un cuadro infeccioso previo tratado con desbridamiento quirúrgico y antibióticos por vía intravenosa. En ningún caso, fue necesaria la resección de más de 1 cm de foco pseudoartrosi-co. Un paciente requirió una segunda intervención por rotura del material (técnica “Onlay 90°-90°”) tras una caída de su propia altura, a los dos meses de la cirugía. Se retiró el material y se efectuó una nueva osteosíntesis con la misma técnica de reconstrucción y la consolidación final se produjo a los nueve meses. No hubo complicaciones mayores, como infección profunda o superficial, aflojamiento del material de osteosíntesis o lesiones nerviosas (parálisis radial), reabsorción o fractura del aloinjerto, con ninguna de las técnicas mencionadas. Como resultados adversos, cabe mencionar el defecto estético en algunos pacientes, que es directamente proporcional al número de cirugías previas, pero que no afecta la vida de relación; el dolor posoperatorio transitorio referido al volumen del implante que desaparece luego del noveno mes de rehabilitación y el hematoma posoperatorio que puede aparecer con el consiguiente aumento del riesgo de infección, si no se realiza una minuciosa hemostasia.

Para la evaluación funcional se tuvieron en cuenta la escala analógica visual (EAV), el puntaje ASES, la escala de Constant-Murley y los arcos de movilidad del codo (Tabla 4).

Tabla 4. Evaluación clínica preoperatoria y posoperatoria

Evaluación clínica						
	Antes de la cirugía	1 mes posop.	3 meses posop.	6 meses posop.	9 meses posop.	12 meses posop.
EAV	Mín.: 7 Máx.: 10 Prom.: 8,7	Mín.: 3 Máx.: 8 Prom.: 5,2	Mín.: 2 Máx.: 6 Prom.: 4,1	Mín.: 1 Máx.: 5 Prom.: 2,2	Mín.: 1 Máx.: 3 Prom.: 1,3	Mín.: 1 Máx.: 3 Prom.: 0,9
ASES	Mín.: 7 Máx.: 15 Prom.: 12,3	Mín.: 11 Máx.: 19 Prom.: 17,1	Mín.: 16 Máx.: 23 Prom.: 20,2	Mín.: 20 Máx.: 25 Prom.: 22,5	Mín.: 22 Máx.: 27 Prom.: 25,4	Mín.: 24 Máx.: 30 Prom.: 27,1
Evaluación clínica al año de la cirugía						
Escala de Constant-Murley	Excelente: 14 (42,4%)		Bueno: 13 (39,4%)		Regular: 6 (18,2%)	
Funcionalidad del codo	10-130°: 22 pacientes (66,6%)	15-130°: 5 pacientes (15,1%)	20-115°: 3 pacientes (9%)	30-115°: 2 pacientes (6%)	40-105°: 1 paciente (3%)	

EAV = escala analógica visual; Mín. = mínimo; Máx. = máximo; Prom. = promedio; ASES = American Shoulder and Elbow Surgeons Score.

Según la EAV, el puntaje promedio preoperatorio era de 8,7 (rango 7-10). Al mes de la operación, era de 5,2 (rango 3-8); a los 6 meses, de 2,2 (rango 1-5) y, a los 12 meses, de 0,9 (rango 1-3).

En cuanto al puntaje ASES, se utilizó solo el apartado para completar por el paciente. El puntaje promedio era de 12,3 (rango 7-15) antes de la cirugía; de 17,1 (rango 11-19) al mes; de 22,5 (rango 20-25) a los 6 meses; y de 27,1 (rango 24-30) al año.

La evaluación posoperatoria de la función del hombro según la escala de Constant-Murley se realizó al año y arrojó los siguientes resultados: excelente (14 pacientes; 42,4%), bueno (13 casos; 39,3%) y regular (6 casos; 18,1%) (Figura 9).

En cuanto a la función del codo, se evaluó el rango de movilidad también al año, y los resultados fueron: 10-130° (22 pacientes; 66,6%), 15-130° (5 casos; 15,1%), 20-115° (3 casos; 9%), 30-115° (2 casos; 6%) y 40-105° (1 caso; 3%).

Los resultados más pobres se obtuvieron en aquellos pacientes cuyo foco de seudoartrosis estaba más cerca de la articulación (hombro/codo), cuando el tiempo de evolución era >4 años, con extenso compromiso de partes blandas o proceso infeccioso previo.



Figura 9. Evaluación funcional.

DISCUSIÓN

El manejo de las pseudoartrosis recalcitrantes de húmero sigue siendo un dilema y un problema no resuelto aún para cirujanos experimentados en esta región. Los antecedentes personales, el tiempo de evolución de la enfermedad, el estado de las partes blandas y la calidad ósea producto de cirugías previas o desuso, hacen que la planificación preoperatoria y la técnica quirúrgica sean muy difíciles, y los resultados no previsible, lo que trae aparejada una tasa no despreciable de complicaciones.

La fijación interna estable y el injerto óseo autólogo sigue siendo, para muchos, el procedimiento de referencia para el manejo de las pseudoartrosis de húmero con resultados satisfactorios en términos de consolidación. Su empleo no está exento de complicaciones o morbilidad, en especial de la zona dadora cuando la toma de injerto se realiza en grandes cantidades; además, alguno de estos pacientes requiere internación para controlar el dolor.

Al mismo tiempo, se ha demostrado que el aloinjerto es útil como aporte estructural y biológico, especialmente ventajoso si hay grandes defectos óseos, evitando la morbilidad de la zona dadora,^{20,21} pero con posibles riesgos de infección o reabsorción.

Diversos autores han descrito el uso de injerto autólogo y heterólogo en el tratamiento de las pseudoartrosis de húmero con muy buenos resultados.

Garbayo Marturet y cols. presentan a cinco pacientes >65 años con pseudoartrosis diafisaria de húmero de más de 18 meses de evolución, tratados con placas bloqueadas LCP, decorticación y aloinjerto o autoinjerto molido, con una tasa de consolidación del 100%. Consideran como pseudoartrosis recalcitrante aquella que presenta un defecto óseo importante provocado por la movilización de los implantes, un factor biológico alterado gravemente por la pérdida del aporte vascular debido a múltiples intervenciones y una pérdida funcional marcada con rigidez articu-

lar y alteraciones musculares y tendinosas, en concordancia con el concepto del diamante de Giannoudis, sin dar importancia al tiempo transcurrido desde la seudoartrosis o al número de operaciones previas.²²

Por otra parte, Campochiaro y cols. agregaron al tratamiento de la seudoartrosis mediante placa LCP bloqueada y aloinjerto estructural, el uso de plasma rico en plaquetas, trataron a nueve pacientes y lograron la consolidación completa en un promedio de siete meses.²³

Gogus y cols. utilizan aloinjerto óseo estructural para las fracturas primarias complejas de húmero y fémur en pacientes con osteopenia (en su mayoría añosos) y lo describen como una idea novedosa.²⁴ A diferencia de lo expuesto en este estudio, la estabilización se realiza de forma paralela. Creemos que la disposición “Onlay 90°-90°” otorga más rigidez y un mejor montaje para la fijación.

Van Houwelingen y cols. trataron a seis pacientes con una técnica similar a una de las propuestas (aloinjerto estructural más osteosíntesis rígida), la diferencia era que la fijación del injerto se realizaba con los tornillos de la placa a modo de “sandwich” 180° (placa lateral más aloinjerto estructural medial) con consolidación del 100% en un promedio de tres meses.⁹ La dificultad de esta técnica radica en la colocación del aloinjerto a nivel de la cara medial del húmero, ya que, por esta zona, discurren la arteria y la vena humeral, los nervios mediano y cubital. También, como ya se mencionó, la colocación en forma paralela y no a 90° que podría ser de menor rigidez en ciertas circunstancias.

En una serie de 10 pacientes con seudoartrosis diafisarias humerales tratados de manera similar a los de Van Houwelingen, Hornicek y cols. obtuvieron una tasa de consolidación del 100% a los tres meses, con excepción de un caso a los seis meses, y establecieron que las tablas de aloinjerto cortical proporcionaron soporte estructural y osteoinducción para mejorar la curación de la seudoartrosis de las fracturas.²⁵

Marinelli y cols. trataron a 57 pacientes con seudoartrosis diafisarias de húmero mediante placas bloqueadas asociadas a aloinjerto estructural con una consolidación del 93%. La comparación de las tasas de éxito de las diversas técnicas de fijación ósea está limitada por el hecho de que, en los relativamente pocos estudios publicados, las series son pequeñas y heterogéneas; además de la presentación clínica y radiográfica muy variable de la seudoartrosis (móvil-rígida, atrófica-hipertrófica), las dificultades quirúrgicas (osteoporosis, mantenimiento del stock óseo, presencia de dispositivos de fijación, escasez de tejidos blandos y cicatrices previas) y las comorbilidades (tabaquismo, alcoholismo y obesidad) impiden la comparación de las diferentes series.²⁶

La asociación entre el uso de un material de osteosíntesis especial para el húmero (placa tipo Phylos® para la extremidad proximal, LC-DCP para la diáfisis y anatómicas para la paleta humeral), sumado al aloinjerto óseo estructurado, ya sea en forma de tabla ósea (“strut”) o intercarlar telescopado, fijado con tornillos, aumenta considerablemente la estabilidad mecánica, esto permite una movilidad precoz, y actúa como un andamio osteoinductor y osteoconductor, ayudando a reconstruir los defectos óseos y a eliminar los aumentos de tensión en el material de osteosíntesis que podrían conducir a una falla ante un hueso nativo de mala calidad ósea, y así se tiene una distribución más uniforme de las cargas.

La fijación interna estable y la falta de irradiación del aloinjerto de banco utilizado en el procesado no solo evitan la reabsorción, sino que también favorecen la integración observada generalmente en nuestra casuística a los ocho meses de la operación. No hemos observado infecciones ni rechazos en los pacientes tratados, pero se han publicado informes de una baja tasa de transmisión de enfermedades, y sería, por ende, una de las debilidades de usar este tipo de aporte biológico, aunque pensamos que dicha variable tiene una relación directa con la calidad de procesamiento del banco de tejidos. Pensamos que el agregado de vancomicina como profilaxis perioperatoria junto a la colocación del aloinjerto podría explicar este resultado sumado a lo ya mencionado. Si bien los niveles de consolidación son altos con la técnica utilizada, los resultados funcionales varían según la localización de la seudoartrosis, son más pobres cuanto más cerca se ubica de la articulación, especialmente la glenohumeral. A pesar de esto, los pacientes tienen un franco alivio de los síntomas, el puntaje en la EAV disminuye significativamente y retoman su independencia para las tareas de la vida diaria.

La seudoartrosis recalitrante de húmero suele ocurrir a nivel diafisario.^{8,16,19,22} Existen distintos factores de riesgo que predisponen a los pacientes a padecer este tipo de cuadro, algunos de ellos con más preponderancia que otros. En la mayoría de los casos, se debe a un incorrecto manejo del tratamiento conservador o a defectos en la técnica quirúrgica utilizada en el manejo de la fractura inicial sumado al tipo de paciente por tratar. Es de vital importancia considerar la “regla del hexágono”, muy útil para la planificación preoperatoria, ya que permite tener en cuenta factores que podrían hacer fracasar los rescates quirúrgicos en el abordaje de esta entidad.

Se presenta una nueva técnica quirúrgica de reconstrucción biológica con aloinjerto congelado no irradiado que ha logrado resultados alentadores, que podría hacer frente al escenario adverso que representan las pseudoartrosis recalcitrantes de húmero.

Al igual que otros autores,²¹ observamos que los pacientes más jóvenes tienen una tasa de tiempo de consolidación inferior a la de los pacientes más añosos. Otra ventaja del uso del aloinjerto es la posibilidad de hacerlo en forma ambulatoria. El 87,8% de nuestros casos se hicieron bajo esta modalidad, con un control inmediato al otro día del procedimiento. Esto podría considerarse una ventaja del método, ya que reduce el tiempo y los costos de internación, y la posibilidad de resolución en tiempos como la reciente pandemia del SARS-CoV-2. El empleo de placas bloqueadas en el tratamiento de esta enfermedad es de vital importancia, porque muchas pseudoartrosis se presentan con mala calidad ósea, así como también el uso de aloinjerto estructural que proporciona un soporte rígido adicional.

Como fortalezas del estudio, creemos que el tamaño de la muestra es importante en relación con la prevalencia de la enfermedad tratada. Los resultados en cuanto a la consolidación y la función posoperatoria son alentadores. La técnica propuesta en sus dos modalidades es reproducible y ofrece ciertas ventajas, como evitar la morbilidad de la toma de injerto del propio paciente y, de esta manera, poder llevar a cabo el procedimiento en forma ambulatoria y así tener la posibilidad de disminuir los costos de internación. Además, la rigidez del montaje obtenido en el foco de la ausencia de consolidación permite recuperar rápidamente la movilidad del miembro y así mejorar la calidad de vida de los pacientes sobre todo de quienes llevan más de un año de inmovilización.

Por otro lado, es importante mencionar que el estudio tiene ciertas debilidades, como su carácter retrospectivo, sin un grupo de control de pacientes tratados en forma estándar y con una muestra heterogénea, aunque pensamos que, debido a su frecuencia, resulta difícil encontrar estudios comparativos publicados.

CONCLUSIONES

Presentamos una nueva técnica para tratar la difícil e inusual pseudoartrosis recalcitrante de húmero empleando un aloinjerto estructurado congelado no irradiado de húmero homolateral, mediante dos formas de montaje, según el defecto por tratar, asociada con una osteosíntesis interna rígida y estable.

En nuestra experiencia, con el agregado de aloinjerto molido cuando se utiliza un “strut” (“técnica del canapé”) en configuración “Onlay 90°-90°” o en forma de “telescopaje” nos ha permitido obtener una alta tasa de osteointegración y, por ende, de consolidación, con una tasa de excelentes y buenos resultados en el 81,7% de los pacientes. Cuando la localización era cerca de la articulación ya sea glenohumeral o del codo, los resultados fueron más pobres.

La “regla del hexágono” aporta una información relevante que ayuda al cirujano en la planificación preoperatoria, y eso podría explicar la tasa de buenos resultados obtenidos sumado a una técnica quirúrgica depurada.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de A. Meritano: <https://orcid.org/0000-0001-5419-1859>

ORCID de D. González Scotti: <https://orcid.org/0000-0001-9564-4834>

ORCID de S. Ronconi: <https://orcid.org/0009-0000-9562-9976>

ORCID de M. E. Serur: <https://orcid.org/0009-0009-4222-3724>

ORCID de H. Caloia: <https://orcid.org/0000-0001-9288-1359>

ORCID de G. Chamorro: <https://orcid.org/0009-0009-3235-3840>

ORCID de G. Guevara Herrera: <https://orcid.org/0009-0001-7983-8839>

ORCID de A. Laboranti: <https://orcid.org/0000-0002-7136-937X>

BIBLIOGRAFÍA

1. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 2006;37(8):691-7. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2006.04.130>
2. Brinker MR, O'Connor DP. The incidence of fractures and dislocations referred for orthopaedic services in a capitulated population. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(2):290-7. PMID: 14960673

3. Ekholm R, Adami J, Tidermark J, Hansson K, Törnkvist H, Ponzer S. Fractures of the shaft of the humerus: An epidemiological study of 401 fractures. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88(11):1469-73. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B11.17634>
4. Tsai C-H, Fong Y-C, Chen Y-H, Hsu CJ, Chang CH, Hsu HC. The epidemiology of traumatic humeral shaft fractures in Taiwan. *Int Orthop* 2009;33(2):463-7. <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0537-8>
5. Kim SH, Szabo RM, Marder RA. Epidemiology of humerus fractures in the United States: nationwide emergency department sample, 2008. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2012;64(3):407-14. <https://doi.org/10.1002/acr.21563>
6. Bergdahl C, Ekholm C, Wennergren D, Nilsson F, Möller M. Epidemiology and patho-anatomical pattern of 2,011 humeral fractures: data from the Swedish fracture register. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1009-8>
7. Jupiter JB, von Deck M. Ununited humeral diaphyses. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:644-53. [https://doi.org/10.1016/s1058-2746\(98\)90016-7](https://doi.org/10.1016/s1058-2746(98)90016-7)
8. Sarmiento A, Zagorski JB, Zych GA, Latta LL, Cappset CA. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:478-86. <https://doi.org/10.2106/00004623-200004000-00003>
9. Van Houwelingen AP, McKee MD. Treatment of osteopenic humeral shaft nonunion with compression plating, humeral cortical allograft struts, and bone grafting. *J Orthop Trauma* 2005;19(1):36-42. <https://doi.org/10.1097/00005131-200501000-00007>
10. Murlimanju BV, Prashanth KU, Prabhu LV, Saralaya VV, Pai MM, Rai R. Morphological and topographical anatomy of nutrient foramina in human upper limb long bones and their surgical importance. *Rom J Morphol Embryol* 2011;52(3):859-82. PMID: 21892530
11. Patake SM, Mysorekar VR. Diaphysial nutrient foramina in human metacarpals and metatarsals. *J Anat* 1977;124(Pt 2):299-304. PMID: 591428
12. Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: the diamond concept. *Injury* 2007;38(Suppl 4):S3-S6. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(08\)70003-2](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(08)70003-2)
13. Bhandari M, Fong K, Sprague S, Williams D, Petrisor B. Variability in the definition and perceived causes of delayed unions and non-unions: a cross-sectional, multinational survey of orthopaedic surgeons. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(15):e1091-e1096. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.01344>
14. Fayaz HC, Giannoudis PV, Vrahas MS, Smith RM, Moran C, Pape HC, et al. The role of stem cells in fracture healing and non-union. *Int Orthop* 2011;35(11):1587-97. <https://doi.org/10.1007/s00264-011-1338-z>
15. Zaidenberg C. Seudoartrosis recalcitrante del húmero distal: injerto óseo vascularizado del radio distal Nueva técnica quirúrgica. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2008;73(1):6-12. Disponible en: https://www.aaot.org.ar/revista/2008/n1_vol73/art02.pdf
16. Wiss DA, Garlich, JM. Healing the index humeral shaft nonunion. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(5):375-80. <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.01115>
17. Tang JB, Giddins G. Why and how to report surgeons' levels of expertise. *J Hand Surg Eur Vol* 2016;41(4):365-6. <https://doi.org/10.1177/1753193416641590>
18. Andrzejowski P, Giannoudis PV. The diamond concept for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol* 2019;20(1):1-13. <https://doi.org/10.1186/s10195-019-0528-0>
19. Giannoudis PV, Einhorn TA, Schmidmaier G, Marsh D. The diamond concept—open questions. *Injury* 2008;39(Suppl 2):S5-S8. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(08\)70010-X](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(08)70010-X)
20. Lin CL, Fang CK, Chiu FY, Chen CM, Chen TH. Revision with dynamic compression plate and cancellous bone graft for aseptic nonunion after surgical treatment of humeral shaft fracture. *J Trauma* 2009;67(6):1393-6. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31818c1595>
21. Hierholzer C, Sama D, Toro JB, Peterson M, Helfet DL. Plate fixation of ununited humeral shaft fractures: effect of type of bone graft on healing. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(7):1442-7. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00332>
22. Garbayo Marturet AJ, Tejero Ibáñez A, Repáraz Padrós FJ, Castaño Serrano A. Tratamiento de la pseudoartrosis recalcitrante de húmero en pacientes de edad avanzada. *Anales Sis San Navarra* 2014;37(2):257-64. <https://doi.org/10.4321/S1137-66272014000200009>
23. Campochiaro G, Baudi P, Gialdini M, Corradini A, Duca V, Rebuzzi M, et al. Humeral shaft non-union after intramedullary nailing. *Musculoskeletal Surg* 2017;101(2):189-93. <https://doi.org/10.1007/s12306-017-0468-x>
24. Gogus A, Ozturk C, Tezer M, Camurdan K, Hamzaoglu A. "Sandwich technique" in the surgical treatment of primary complex fractures of the femur and humerus. *Int Orthop* 2007;31(1):87-92. <https://doi.org/10.1007/s00264-006-0134-7>

25. 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. <https://doi.org/10.1097/00003086-200105000-00026>
26. Marinelli A, Antonioli D, Guerra E, Bettelli G, Zaccarelli L, Rotini R. Humeral shaft aseptic nonunion: treatment with opposite cortical allograft struts. *Chir Organi Mov* 2009;93(Suppl 1):21-8. <https://doi.org/10.1007/s12306-009-0007-5>