



Pseudoartrosis refractaria de húmero. Del fracaso a la resolución con placa bloqueada e injerto autólogo tricortical de cresta iliaca. Aplicación del concepto diamante

Refractory pseudoarthrosis of the humerus. From failure to resolution with blocked plate and autologous tricortical iliac crest graft. Application of the diamond concept

Abraham Reyes Piña,* Rodolfo Sánchez Ayala,† Israel Gutiérrez-Mendoza,§

Leonardo López Almejo,¶ Rafael Reyes Pantoja,|| Miriam Astrit Barriga Magaña,**

Juan Antonio Silva Méndez,‡‡ José Fernando Izquierdo Moncayo,§§ Irving Raúl Téllez Aceves¶¶

*Ortopedia y Traumatología, Hospital General «Dr. Miguel Silva» de Morelia, Michoacán; †Cirujano ortopeda. Ortopedia regenerativa. Artroscopia. Rescate osteoarticular e infecciones óseas, Hospital General «Dr. Miguel Silva» de Morelia, Michoacán. Hospital Memorial de Morelia, Morelia, México; ‡Cirujano ortopeda. Maestría en ciencias médicas, Aguascalientes, México; ¶Cirujano ortopeda. Cirugía de mano y microcirugía reconstructiva de extremidades. Cirugía de plexo braquial y nervio periférico. Universidad Autónoma de Coahuila. Hospital Star Médica de Aguascalientes, Aguascalientes, México; ||Cirugía articular, Hospital General «Dr. Miguel Silva» de Morelia, Michoacán. Hospital Star Médica de Morelia, Morelia, México; **Cirujano ortopeda. Rescate osteoarticular e infecciones óseas en el Hospital General «Dr. Miguel Silva» de Morelia, Michoacán; ‡‡Cirujano ortopeda, Hospital General «Dr. Miguel Silva» de Morelia, Michoacán; §§Cirujano ortopeda. Cirugía de columna vertebral. Intervencionismo espinal. Ortopedia regenerativa. Hospital Ángeles y Clínica Sta. Clarita, Tijuana, Baja California, Tijuana, México; ¶¶Cirujano ortopeda UNAM, Cirujano de mano y microcirugía en grupo CICOT en Hospital Ángeles Morelia, Michoacán.

Resumen

Introducción: se han descrito distintas técnicas para el tratamiento de la pseudoartrosis, sin embargo, hay muy pocos reportes sobre el uso de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca. El objetivo de reportar este caso es recalcar la importancia de la utilización del injerto autólogo tricortical de cresta iliaca, en el contexto del «concepto diamante», después de tres cirugías fallidas para pseudoartrosis de húmero. **Presentación del caso:** femenino, 69 años, diabetes mellitus tipo 2, obesidad grado III, con diagnóstico de pseudoartrosis aséptica oligotrófica de húmero derecho más lesión de nervio radial, sometida a tres cirugías previas sin éxito en su resolución. El tratamiento consistió en realizar osteosíntesis con placa bloqueada de compresión (LCP) para húmero proximal y aplicación del «concepto diamante» mediante el uso de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca, aspirado de médula ósea, plasma rico en plaquetas y matriz ósea desmineralizada, así como exploración y descompresión del nervio radial; se logró con esto la consolidación y recuperación funcional completa. **Conclusión:** después de tres cirugías fallidas, y tras una pérdida ósea de 7 cm, se logra la consolidación ósea completa y una recuperación funcional íntegra mediante la aplicación del «concepto diamante» con el complemento de la utilización de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca.

Palabras clave: pseudoartrosis, injerto autólogo tricortical de cresta iliaca, concepto diamante.

Abstract

Introduction: different techniques have been described for the treatment of nonunion. However, there are very few reports on the use of autologous tricortical iliac crest graft. The objective of reporting this case is to emphasize the importance of using the autologous tricortical iliac crest graft, in the context of the «diamond concept», after 3 failed surgeries for humerus nonunion. **Case report:** female, 69 years old, type 2 diabetes mellitus, grade III obesity, diagnosis of aseptic oligotrophic nonunion of the right humerus plus radial nerve injury, underwent 3 previous surgeries without success in resolution. The treatment consisted of performing osteosynthesis with a locking compression plate (LCP) for the proximal humerus and application of the «diamond concept» through the use of autologous tricortical

Correspondencia:

Abraham Reyes Piña

E-mail: DrReyesOrtopedia@outlook.com

Recibido: 03/11/2023. Aceptado: 08/02/2024.

Citar como: Reyes PA, Sánchez AR, Gutiérrez-Mendoza I, López AL, Reyes PR, Barriga MMA et al. Pseudoartrosis refractaria de húmero. Del fracaso a la resolución con placa bloqueada e injerto autólogo tricortical de cresta iliaca. Aplicación del concepto diamante. Orthotips. 2024; 20 (2): 110-118. <https://dx.doi.org/10.35366/115655>

iliac crest graft, bone marrow aspirate, platelet-rich plasma and demineralized bone matrix, as well as exploration and decompression of the radial nerve, achieving complete consolidation and functional recovery. Conclusion: after 3 failed surgeries, and after a bone loss of 7 cm, complete bone consolidation and full functional recovery are achieved through the application of the «diamond concept» with the complement of the use of autologous tricortical iliac crest graft.

Keywords: pseudoarthrosis, autologous tricortical iliac crest graft, diamond concept.

Introducción

Hasta 33% de las fracturas diafisarias de húmero tratadas mediante manejo conservador y alrededor de 10% que reciben manejo quirúrgico evolucionan a pseudoartrosis.¹ Esto representa un problema serio para la calidad de vida del paciente, así como un reto para el cirujano.² La mayoría de los pacientes con pseudoartrosis de húmero desarrollan rigidez en hombro y/o codo.³ Los factores de riesgo incluyen inestabilidad mecánica en el sitio de fractura, avascularidad, brecha amplia entre los bordes de la fractura, así como obesidad, alcoholismo, tabaquismo, osteoporosis, fracturas expuestas, trazo de fractura transversa u oblicua corto, entre otros.⁴

La pseudoartrosis que ha fracasado a un primer tratamiento quirúrgico se denomina como «refractaria» o «recalcitrante»; entre los nuevos retos que tiene está la osteopenia resultante, deformidad, pérdida ósea, cicatrices en los tejidos blandos, perforaciones previas y metalosis en sitio de pseudoartrosis,⁵ así como lesión neurológica, y artrosis en las articulaciones contiguas. Hay diversos estudios sobre el tratamiento más adecuado para la pseudoartrosis de húmero; sin embargo, hay muy pocos que reporten la incidencia de pseudoartrosis recalcitrante, y el tratamiento más óptimo después de una, dos y hasta tres cirugías fallidas.⁶ Asimismo, la pseudoartrosis hipertrófica lleva implícita una adecuada función biológica a la que sólo hay que agregar una estabilidad adecuada; no obstante, en la pseudoartrosis atrófica hay que proporcionar tanto estabilidad adecuada como estimulación biológica en el sitio de pseudoartrosis.⁷

En un análisis retrospectivo de 125 casos de pseudoartrosis de húmero, Wiss y Garlich reportan que hasta 84% de estos pacientes se resuelven tras un primer procedimiento de revisión, mientras que el restante 16% desarrolla una pseudoartrosis recalcitrante y requieren un segundo procedimiento. Del grupo total, 6.4% se resuelven tras el segundo procedimiento quirúrgico, pero 9.6% requieren tres o más procedimientos.⁸

Se han descrito distintas técnicas quirúrgicas para el tratamiento de la pseudoartrosis de húmero, como

el uso de placas bloqueadas, doble placa, clavo centromedular, fijador externo tipo Ilizarov, uso de puntales óseos o injertos tricorticales; con el complemento de terapias biológicas como el injerto óseo autólogo o heterólogo, plasma rico en plaquetas, aspirado de médula ósea, proteínas morfogenéticas, así como terapias alternativas como el uso de ultrasonido de pulso de baja intensidad; todo pudiéndose utilizar dentro del concepto diamante.^{9,10} Como puntales óseos o injertos tricorticales se han descrito técnicas que utilizan injerto del peroné libre o vascularizado, de arco costal y cresta iliaca; esta técnica permite la posibilidad de reestablecer el stock óseo o restaurar la longitud en pacientes en los que la pérdida ósea hace que otras técnicas de injerto resulten inadecuadas o insuficientes.¹¹

El «concepto diamante» ha creado un marco conceptual para entender los elementos necesarios para una consolidación ósea exitosa, dando importancia tanto a la estabilidad mecánica de la fractura como a su entorno biológico.¹² De esta manera, entendemos el «concepto diamante» como la disponibilidad de elementos osteoinductivos, osteogénicos y osteoconductores, dentro de un entorno biomecánico óptimo, una vascularidad adecuada, y un huésped en condiciones de control de cualquier comorbilidad.¹³ El injerto autólogo de cresta iliaca sigue siendo el estándar de oro que proporciona todas estas cualidades, las limitaciones de esta técnica incluyen un bajo volumen del injerto, o problemas en el sitio donante.¹⁴ El injerto esponjoso posee más propiedades osteogénicas, osteoinductoras y osteoconductoras que el injerto cortical, sin embargo, éste posee mayor estabilidad mecánica que el esponjoso.¹⁵ Al proceso de combinar diferentes elementos para aumentar las propiedades biológicas del injerto, así como su volumen, se le conoce como «injerto compuesto».¹⁶

En el presente caso, se pone en evidencia la aplicación del concepto diamante como base para lograr una consolidación ósea satisfactoria tras una pseudoartrosis refractaria, logrando alcanzar cada uno de los pilares mediante la utilización de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca, así como aspirado de médula ósea, plasma rico en plaquetas y matriz ósea

desmineralizada, en el contexto de una vascularidad adecuada y una estabilidad mecánica absoluta, con lo cual se logra resolver el problema tras una pérdida ósea final de 7 cm.

Presentación del caso

Femenino de 69 años de edad, hipertensa, con obesidad grado III, quien sufre caída de su plano de sustentación presentando impacto directo sobre extremidad superior derecha, lo cual le produce por un mecanismo de torsión fractura de húmero derecho, diafisaria, entre los tercios proximal y medio, helicoidal con tercer fragmento, clasificación 12B2a de la AO (Figura 1A). Se realiza tratamiento quirúrgico con reducción abierta y fijación interna con placa recta 4.5 angosta bloqueada. Se envía a rehabilitación y se da seguimiento, a los siete meses presenta edema en

brazo derecho, así como limitación en los arcos de movilidad del hombro derecho, lo cual se maneja con antiinflamatorios. Al año y siete meses postquirúrgicos, la paciente presenta dolor no tolerable, incapacitante, por lo que se solicita radiografía en la cual se aprecia desanclaje de material de osteosíntesis con pseudoartrosis de húmero derecho (Figura 1B y C). Se realiza una segunda cirugía con retiro de material de osteosíntesis y colocación de placa anatómica LCP para húmero proximal y aloinjerto óseo en chips (Figura 2A y B). En el postquirúrgico, la paciente se encuentra clínicamente con lesión de nervio radial. A los dos meses de la segunda cirugía, se realiza una electromiografía y estudio de conducción nerviosa con reporte de axonotmesis 95% y denervación aguda de nervio radial. Se da manejo con rehabilitación y pregabalina. En la radiografía de control a ocho semanas postquirúrgicas, se observa fatiga de

Figura 1:

A) Fractura inicial.
B y C) Radiografías anteroposterior y lateral que muestran pseudoartrosis y desanclaje de la placa tras 19 meses del primer procedimiento quirúrgico.

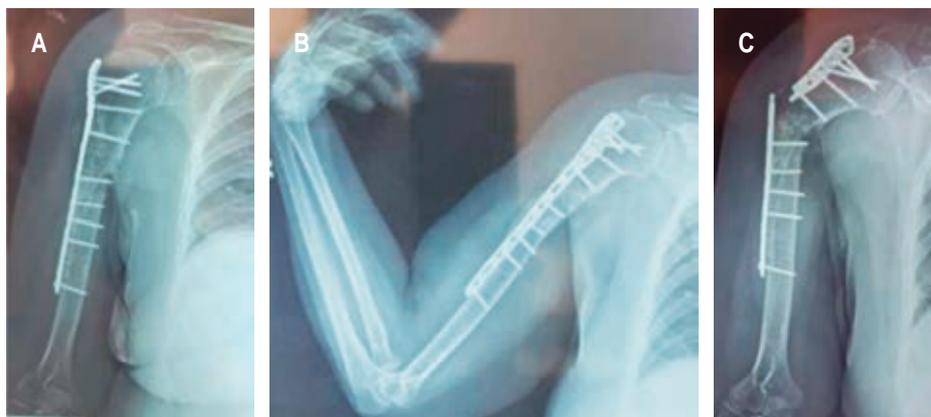
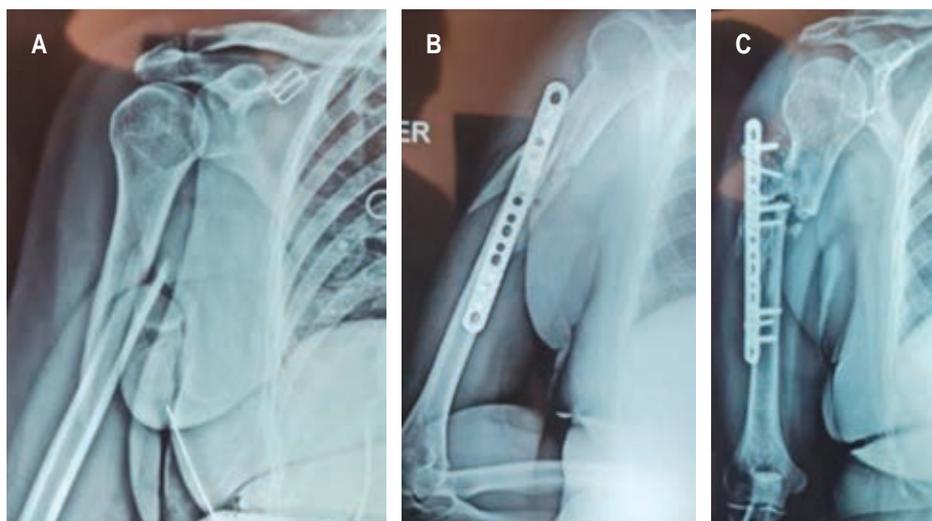


Figura 2:

A y B) Radiografías anteroposterior y lateral tras el segundo procedimiento quirúrgico. C) Radiografía que muestra rotura de la placa a las ocho semanas postquirúrgicas.

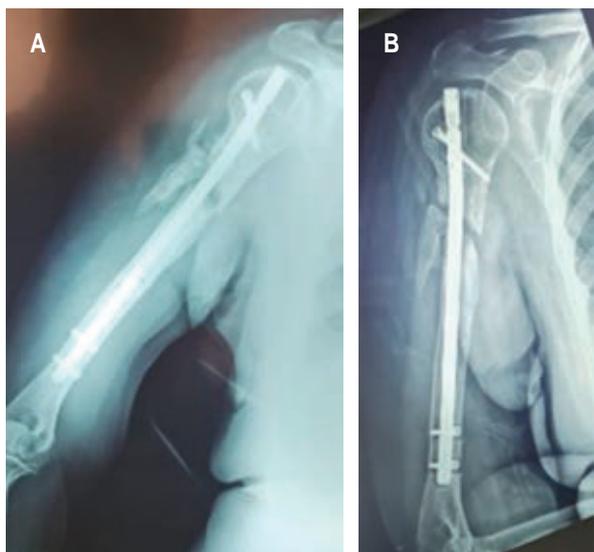


Figura 3: A) Radiografía anteroposterior tras la colocación del clavo. **B)** Radiografía lateral que muestra tercer procedimiento quirúrgico a los 16 meses de evolución con datos de pseudoartrosis.

material de osteosíntesis (*Figura 2C*). Se realiza un tercer procedimiento quirúrgico con retiro de material de osteosíntesis, colocación de clavo de húmero anterógrado (*Figura 3A*), exploración de nervio radial y neurólisis. Posterior a los tres procedimientos mencionados, tras 16 meses del último procedimiento, la paciente es valorada en consulta externa por nuestro servicio; refiere dolor intenso en hombro derecho de predominio nocturno que aumenta con la movilidad, la cual es limitada, además dolor en brazo derecho que se irradia hacia hombro y codo ipsilateral, con incapacidad funcional (*Figura 4A*). Presencia de parestesias en miembro torácico derecho, en región inervada por nervio radial, refiriendo sólo una recuperación parcial del movimiento. A la exploración física encontramos paciente con facies de dolor, depresión moderada con 18 puntos en escala de Hamilton, miembro torácico derecho con cicatrices quirúrgicas previas, acortamiento en brazo derecho de 3 cm, arcos de movilidad limitados en hombro derecho con flexión de 80°, extensión de 10°, aducción de 10°, abducción de 30°, así como rotación externa e interna limitadas; maniobras de Neer y Hawkins positivas, con evidencia de pinzamiento por disminución del espacio subacromial (*Figura 4A*), incapacidad para la extensión completa de mano y muñeca derecha. Radiográficamente se observan datos de pseudoartrosis aséptica oligotrófica con pérdida ósea de 1 cm, aflojamiento de clavo

centromedular de húmero y pérdida de la densidad ósea de 50% en cuello y cabeza humeral derecha; además, protrusión del clavo a nivel del espacio subacromial derecho (*Figura 3B*). Por lo anterior, se realiza un cuarto procedimiento con la finalidad de rescatar la extremidad, llevando a cabo la extracción del clavo centromedular y la osteosíntesis con placa anatómica LCP para húmero proximal más colocación de segmento tricortical de cresta iliaca para la pérdida ósea resultante y aplicación del «concepto diamante», así como exploración y neurólisis de nervio radial; la paciente presenta consolidación e integración completa de injerto tricortical al año del procedimiento quirúrgico, recuperación clínica de 100% de función de nervio radial, así como mejoría considerable en los arcos de movilidad.

Para el procedimiento definitivo, se realizó un abordaje deltopectoral ampliado, el cual provee acceso a los tercios proximal y medio del húmero. Se procede a retirar clavo centromedular, se explora el tendón del supraespinoso encontrándose una lesión longitudinal completa de 1 cm, por lo cual se realiza la reparación de éste y se localiza el nervio radial para su neurólisis. Se debrida tejido fibrótico en foco de pseudoartrosis; se realiza fresado del canal medular hacia proximal y distal, y escarificación de bordes del hueso hasta encontrar tejido sangrante. En la parte proximal, se escarifica con cucharilla el canal medular hasta la cabeza humeral, la cual se encontraba osteopénica, sin el tejido esponjoso habitual en su interior. Se realiza corte óseo con sierra oscilante de tejido desvitalizado tanto a nivel proximal como distal del foco de la pseudoartrosis; tras desbridamiento y escarificación, resulta en una pérdida ósea de 7 cm (3 cm de escarificación proximal, 1 cm de pérdida previa en foco y 3 cm de escarificación distal). Se realiza toma de injerto de cresta iliaca contralateral, en la región anterosuperior, con sierra oscilante y osteótomo (*Figura 5A*), realizando cortes perpendiculares al eje de la cresta y obteniendo un injerto autólogo tricortical de 7 cm, correspondientes a la pérdida resultante del foco de pseudoartrosis. Se remodelan bordes del injerto con sierra oscilante y gubia para colocarlo de la manera más anatómicamente posible en el sitio de pérdida ósea. Se toma aspirado de médula ósea de cresta iliaca posterosuperior, contralateral, en zona 6 de Hernigou, con utilización de aguja Jamshidi fenestrada de 11 gauge x 4 pulgadas. Posteriormente se prepara el «injerto compuesto» (*Figura 5B*), mezclando los siguientes elementos ortobiológicos: concentrado de aspirado de médula ósea, aspirado

de médula ósea, plasma rico en plaquetas, matriz ósea desmineralizada, autoinjerto de cresta iliaca anterosuperior y aloinjerto en chips óseos (Figura 5C), lo anterior basados en el concepto diamante.

Se rellena con la mezcla de elementos ortobiológicos o «injerto compuesto» la cabeza, el cuello proximal, y los canales medulares proximal y distal del húmero. Se coloca placa anatómica para húmero proximal LCP de ocho orificios, colocando cinco pernos en la parte proximal, todos a la cabeza del húmero, y cuatro pernos distales a la pérdida ósea. Ya con la placa colocada, se procede a colocar injerto autólogo tricortical de cresta iliaca en sitio de pérdida ósea, fijándolo con tres tornillos a la placa (Figura 5D); se agrega el preparado ortobiológico sobre el injerto tricortical y se contiene con el uso de Gelfoam

alrededor del injerto colocado y en los extremos del mismo, cubriendo tanto el injerto como el hueso receptor. Posteriormente se infiltra de forma intraósea con la aguja Jamshidi, plasma rico en plaquetas en la cabeza y cuello del húmero. Finalmente, mediante el uso de un neuroestimulador, se verifica la integridad funcional del nervio radial, y se corrobora estabilidad de la placa y el injerto mediante movilización y visión directa transquirúrgica, así como con el uso de fluoroscopia. Se da cierre por planos y se da por terminado el procedimiento quirúrgico; se coloca inmovilizador de hombro en el postquirúrgico inmediato.

Se da seguimiento clínico y radiográfico; se encuentra evolución favorable en función del nervio radial en el inmediato postquirúrgico corroborado mediante exploración clínica. A las dos semanas



Figura 4: A) Limitación en arcos de movilidad previo a procedimiento definitivo. B) Arcos de movilidad completos a un año del procedimiento definitivo.



Figura 5: A) Preparación de injerto tricortical. B) Mezcla de los elementos ortobiológicos. C) Elementos ortobiológicos para la preparación del «injerto compuesto». D) Injerto tricortical ya fijado con la placa.

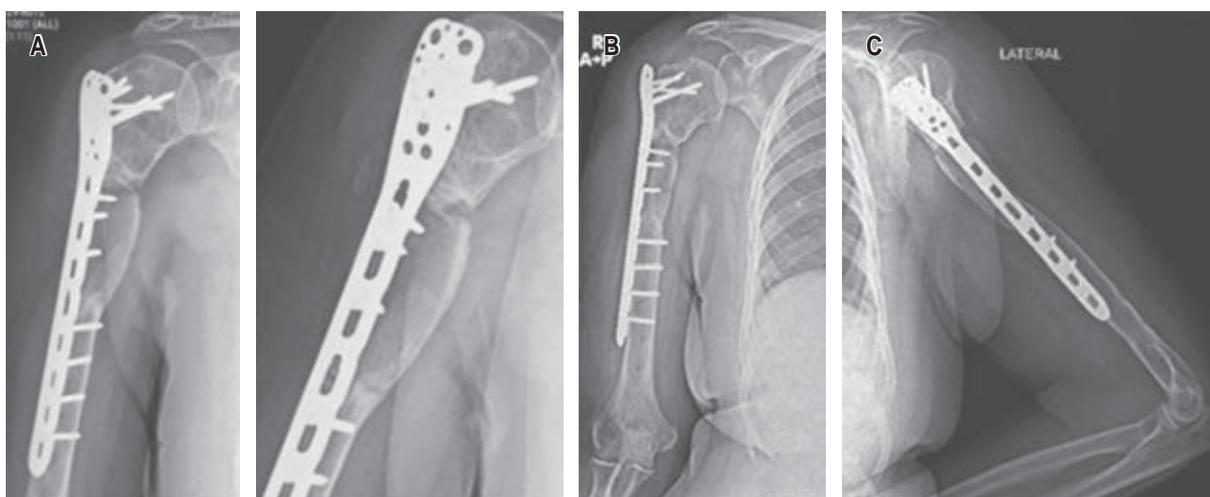


Figura 6: Seguimiento radiográfico, cuarto procedimiento quirúrgico a los 18 meses de evolución. A) Oblicua normal y con acercamiento. B) Anteroposterior. C) Lateral.

postquirúrgicas, se retiran puntos de sutura en sitio de herida quirúrgica, así como en sitio donador de injerto en cresta iliaca anterosuperior, contralateral, sin datos de dehiscencia ni infección en ambas. Se observa notable recuperación en arcos de movilidad de hombro derecho con flexión de 90°, abducción de 90°, extensión de 30°, así como rotación externa e interna sin limitación. A las ocho semanas se toma control radiográfico en dos proyecciones; se encuentra implante ortopédico sin datos de aflojamiento ni fatiga de material, se observa injerto autólogo de cresta iliaca con datos de integración ósea, sin datos de reabsorción del injerto y formación de puentes óseos. Se realizan nuevos controles radiográficos a los tres, seis y 12 meses postquirúrgicos. En éstos

últimos se encuentra consolidación e integración del injerto completa (Figura 6A-C). Asimismo, a la exploración y tras rehabilitación, se encuentran arcos de movilidad completos e integración de la paciente a sus actividades habituales (Figura 4B). En cuanto al sitio donador de injerto, únicamente presenta dolor las primeras dos semanas, el cual es controlado adecuadamente con analgésicos, sin presentar ninguna complicación posterior.

Discusión

En el caso presentado, la paciente mostró una pseudoartrosis atrófica aséptica de húmero derecho, refractaria al tratamiento, quien requirió de un procedi-

miento primario y tres procedimientos de revisión para su resolución; Wiss y Garlich⁸ mencionan que hasta 9.6% de pacientes con pseudoartrosis de húmero requieren más de dos procedimientos de revisión. El procedimiento definitivo se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Stevens y colaboradores¹⁷ con un abordaje anterolateral al húmero, exploración y liberación de nervio radial, debridación del foco de pseudoartrosis, colocación de placa LCP de húmero proximal, con toma y colocación de injerto tricortical de cresta iliaca, ya que, como mencionan Sen y Miclau,¹⁸ el injerto autólogo de cresta iliaca constituye el estándar de oro en el tratamiento de la pseudoartrosis, al proveer elementos osteogénicos, osteoinductivos y osteoconductivos. Asimismo, seguimos la estrategia del «concepto diamante» descrita por Giannoudis y asociados,¹⁹ utilizando otros ortobiológicos como plasma rico en plaquetas, matriz ósea desmineralizada, Gelfoam, aspirado de médula ósea, chips óseos, etcétera, para complementar las partes biológica y mecánica en el proceso de reparación de la fractura.

En un análisis retrospectivo del caso, observamos que en el tratamiento primario de la fractura no se cumplen con los elementos para una adecuada estabilidad mecánica (*Figura 1A*). Mistry y colegas²⁰ mencionan que una de las principales diferencias en la fijación interna entre los pacientes que desarrollan pseudoartrosis aséptica de húmero y los que no, es el número de tornillos proximales y distales al trazo de fractura; hasta 82% con < 8 corticales proximales y 64% con < 8 corticales distales desarrollan falla aséptica de la fijación. En el segundo procedimiento quirúrgico se retira material y se coloca placa LCP para húmero proximal, teniendo fatiga de material a las ocho semanas postquirúrgicas. Como mencionan Lian y su grupo,²¹ ésta es una rara complicación asociada a las fuerzas de torsión a las que se ve sometida el área vulnerable del implante, a su vez asociada a una movilización temprana antes de la formación de callo óseo. En el tercer procedimiento quirúrgico, se retira el material fatigado y se coloca un clavo centro-medular anterógrado, observando que tras 16 meses postquirúrgicos no hay evolución satisfactoria y la paciente continúa en pseudoartrosis atrófica.

Para cumplir con los criterios del concepto diamante antes mencionados, utilizamos como base el uso de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca, que, como mencionan Chiarello y colaboradores,¹⁵ el injerto esponjoso posee más propiedades osteogénicas, osteoinductoras y osteoconductoras que el injerto cortical; sin embargo, éste posee mayor

estabilidad mecánica que el esponjoso, así como mayor resistencia a la reabsorción en las primeras semanas. Como complemento biológico, utilizamos plasma rico en plaquetas, que de acuerdo con Acosta-Olivo y su equipo,²² logra una consolidación hasta cinco semanas más temprana que cuando no se utiliza como complemento del injerto autólogo. En su trabajo, Garnavos y asociados²³ demuestran que pacientes con retraso en la consolidación en húmero en quienes se agrega aspirado de médula ósea y matriz ósea desmineralizada logran una consolidación completa de 12 a 20 semanas después. Utilizamos Gelfoam como método de contención y andamiaje, el cual posee propiedades osteoconductoras, como mencionan Giles y colegas.²⁴

Con la técnica empleada, logramos una consolidación radiográfica y clínica al año del procedimiento quirúrgico. Borus y su grupo,³ en una serie de siete casos de pseudoartrosis refractaria de húmero diafisario tratados mediante placa rígida de compresión 4.5, con un mínimo de ocho corticales proximales y distales, con aplicación de injerto autólogo de cresta iliaca, lograron consolidación clínica y radiográfica completa a los seis meses. Feng y su equipo⁵ tuvieron resultados similares al estudio anterior en pseudoartrosis recalcitrante, logrando la consolidación a los seis meses; sin embargo, esto se refiere con la utilización de doble placa, a diferencia de nuestro estudio que se realizó con placa bloqueada.

En una búsqueda exhaustiva de la literatura nacional e internacional, queda claro que el injerto autólogo de cresta iliaca continúa siendo el estándar de oro en la pseudoartrosis atrófica de húmero; sin embargo, pocos especifican si el injerto fue esponjoso, cortical o corticoesponjoso.^{17,18,22} Al hablar del uso de segmentos óseos o injerto tricortical, la técnica más empleada es la del uso de injerto óseo de peroné, vascularizado o no vascularizado. En un estudio realizado por Kashayi-Chowdojirao y colaboradores,²⁵ se observó la consolidación en pseudoartrosis de húmero a los 3.5 meses en promedio del procedimiento, utilizando injerto autólogo de peroné no vascularizado, con un promedio del tamaño del injerto de 10.7 cm.

Como limitante a nuestro caso clínico encontramos una escasa literatura que refiera el tipo de injerto autólogo utilizado, específicamente, el uso de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca aplicada al húmero. También observamos falta de casos comparativos específicamente con la técnica empleada, por lo que creemos conveniente que, ante el resultado favorable registrado en nuestra paciente, es necesario reunir

más casos para acumular más evidencia en favor del caso mencionado.

Conclusión

Podemos observar que, ante una pseudoartrosis oligotrófica recalcitrante de húmero con pérdida ósea de 7 cm, es viable la utilización de injerto autólogo tricortical de cresta iliaca, aplicado dentro del contexto del concepto diamante, con la complementación de elementos osteogénicos, osteoinductores y osteoconductores. En nuestro caso, logramos la recuperación radiográfica y funcional completa al año del procedimiento quirúrgico.

Recomendamos continuar con esta línea de investigación, considerando el método de tratamiento empleado para ensayos clínicos con grupos de control, en pacientes con pseudoartrosis recalcitrante de húmero con pérdida ósea.

La pseudoartrosis recalcitrante de húmero continúa siendo un reto para el ortopedista, ante el cual hay un panorama amplio de líneas de investigación, observando hasta el momento que la línea de las terapias biológicas y el concepto diamante han aportado una solución prometedora para el tratamiento de las pseudoartrosis y pérdidas óseas, logrando con esto una mejoría en la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes.

Referencias

1. Naclerio EH, McKee MD. Approach to humeral shaft nonunion: evaluation and surgical techniques. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022; 30: 50-59. doi: 10.5435/JAAOS-D-21-00634.
2. Fernandez-Bances I, Perez-Basterrechea M, Perez-Lopez S, Nuñez Batalla D, Fernandez Rodriguez MA, et al. Repair of long-bone pseudoarthrosis with autologous bone marrow mononuclear cells combined with allogenic bone graft. *Cytotherapy.* 2013; 15 (5): 571-577.
3. Borus TA, Yian EH, Karunakar MA. A case series and review of salvage surgery for refractory humeral shaft nonunion. *Iowa Orthop J.* 2005; 25: 194-199.
4. 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): 1393-1396. doi: 10.1097/TA.0b013e31818c1595.
5. Feng D, Wang X, Sun L, Cai X, Zhang K, Wang Z, et al. Double plating with autogenous bone grafting as a salvage procedure for recalcitrant humeral shaft nonunion. *BMC Musculoskelet Disorders.* 2020; 21: 769. Available in: <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03743-y>
6. Fozzato S, Prevot LB, Petrucci QA, Acceta R, Basile G. Refractory humeral non-union: treatment with photodynamic intramedullary implant IlluminOss® and internal fixation. *Acta Biomed.* 2022; 93 (S1): e2022340. doi: 10.23750/abm.v93iS1.13773.
7. Morison Z, Vicente M, Schemitsch EH, McKee MD. The treatment of atrophic, recalcitrant long-bone nonunion in the upper extremity with human recombinant bone morphogenetic protein-7 (rhBMP-7) and plate fixation: a retrospective review. *Injury Int J Care Injured.* 2016; 47: 356-363. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2015.11.035>
8. Wiss DA, Garlich JM. Healing the index humeral shaft nonunion. *J Bone Joint Surg Am.* 2020; 102 (5): 375-380. Available in: <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.19.01115>
9. Miska M, Findeisen S, Tanner M, Biglari B, Studier-Fischer S, Grützner PA, Schmidmaier G, Moghaddam A. Treatment of nonunions in fractures of the humeral shaft according to the diamond concept. *Bone Joint J.* 2016; 98-B(1): 81-87. doi: 10.1302/0301-620X.98B1.35682
10. Leighton R, Watson JT, Giannoudis P, Papakostidis C, Harrison A, Steen RG. Healing of fracture nonunions treated with low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS): a systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2017; 48 (7): 1339-1347. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2017.05.016>
11. Peters RM, Claessen F, Doornberg JN, Kolovich JP, Diercks RL, van den Bekerom M. Union rate after operative treatment of humeral shaft nonunion: a systematic review. *Injury.* 2015; 46 (12): 2314-2324. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2015.09.041>
12. Andrzejewski P, Giannoudis PV. The 'diamond concept' for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol.* 2019; 20: 21. Available in: <https://doi.org/10.1186/s10195-019-0528-0>.
13. Calori GM, Giannoudis PV. Enhancement of fracture healing with the diamond concept: the role of the biological chamber. *Injury.* 2011; 42: 1191-1193. doi: 10.1016/j.injury.2011.04.016.
14. Conway JD. Autograft and nonunions: morbidity with intramedullary bone graft versus iliac crest bone graft. *Orthop Clin N Am.* 2010; 41: 75-84. doi: 10.1016/j.ocl.2009.07.006.
15. Chiarello E, Cadossi M, Tedesco G, Capra P, Calamelli C, Shehu A, et al. Autograft, allograft and bone substitutes in reconstructive orthopedic surgery. *Aging Clin Exp Res.* 2013; 25 (Suppl 1): S101-S103. doi: 10.1007/s40520-013-0088-8.
16. Rodham PL, Giannoudis VP, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Biological aspects to enhance fracture healing. *EFORT Open Rev.* 2023; 8: 264-282. Available in: <https://doi.org/10.1530/EOR-23-0047>
17. Stevens NM, Schultz BJ, Lowe DT, Egol KA. Repair of humeral shaft nonunion with plate and screw fixation and iliac crest bone graft. *J Orthop Trauma.* 2021; 35: S7-S8. doi: 10.1097/BOT.0000000000002154.
18. Sen MK, Miclau T. Autologous iliac crest bone graft: should it still be the gold standard for treating nonunions? *Injury.* 2007; 38S1: S75-S80. doi: 10.1016/j.injury.2007.02.012.
19. Giannoudis PV, Gudipati S, Harwood P, Kanakaris NK. Long bone non-unions treated with the diamond concept: a case series of 64 patients. *Injury.* 2015; 46 (S8): S48-S54.
20. Mistry MR, Tat J, Husain R, Sheth U, Richards RR, Nam D. Inadequate proximal screw fixation increases risk of failure following plate fixation of diaphyseal humerus fractures. *J Orthop Surg Res.* 2023; 18: 142. Available in: <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03566-2>
21. Lian YS, Huang CH, Chuang MY. Catastrophic failure of a titanium locking plate in a proximal humeral fracture: case report and literature review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022; 23: 957. Available in: <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05931-4>
22. Acosta-Olivo C, Garza-Borjon A, Simental-Mendia M, Vilchez-Cavazos F, Tamez-Mata Y, Peña-Martinez V. Delayed union

- of humeral shaft fractures: comparison of autograft with and without platelet-rich plasma treatment: a randomized, single blinded clinical trial. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017; 137 (9): 1247-1252. doi: 10.1007/s00402-017-2736-5.
23. Garnavos C, Mouzopoulos G, Morakis E. Fixed intramedullary nailing and percutaneous autologous concentrated bone-marrow grafting can promote bone healing in humeral-shaft fractures with delayed union. *Injury.* 2010; 41: 563-567. doi: 10.1016/j.injury.2009.08.003.
24. Giles MÓI, Sánchez AR, Reyes PR, Barriga MMA, Silva MJA, Gutiérrez-Mendoza I, et al. Empleo de esponjas de gelatina "Gelfoam" como andamio en combinación con autoinjerto para el tratamiento de pseudoartrosis. Reporte de casos. *Ortho-tips.* 2022; 18 (4): 331-336. Available in: <https://dx.doi.org/10.35366/108284>
25. Kashayi-Chowdojirao S, Vallurupalli A, Chilakamarri VK, Patnala C, Chodavarapu LM, Kancherla NR, Syed AHK. Role of autologous non-vascularised intramedullary fibular strut graft in humeral shaft nonunions following failed plating. *J Clin Orthop Trauma.* 2017; 8 (Suppl 2): S21-S30. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcot.2016.12.006>

Conflicto de intereses

Sin conflicto de intereses.