



Reconstrucción ósea femoral posterior a resección tumoral, reporte de caso y revisión de la literatura

Femoral bone reconstruction after tumor resection, a case report and literature review

Alejandro Amador Cardona,* Rodolfo Sánchez Ayala,* Romeo Tecuatl Gómez,† Israel Gutiérrez Mendoza,§

Miriam Astrit Barriga Magaña,* Rafael Reyes Pantoja,* Juan Antonio Silva Méndez*

* Hospital General «Dr. Miguel Silva» de Morelia, Michoacán; † Oncología Ortopédica, Hospital Ángeles Lindavista;

§ Cirujano ortopeda, Aguascalientes.

Resumen

Los condrosarcomas son tumores malignos de tejido cartilaginoso, el segundo en frecuencia después del osteosarcoma en tumores musculoesqueléticos malignos. Por regla general, no son sensibles a quimioterapia o radioterapia, por lo que el tratamiento es la resección quirúrgica amplia para el salvamento de la extremidad, dejando un defecto óseo por reconstruir. Las opciones de reconstrucción disponibles incluyen prótesis tumorales, adyuvantes o reconstrucciones biológicas con autoinjerto o aloinjerto. Se presenta un reporte de caso clínico de un masculino con pérdida ósea masiva femoral, secundaria a la resección de un condrosarcoma central; la reconstrucción ósea se realizó utilizando aloinjerto óseo segmentario, autoinjerto óseo en combinación con plasma rico en plaquetas, aspirado de médula ósea y Gelfoam® como andamio; la reconstrucción se estabilizó con material de osteosíntesis, específicamente una placa de compresión bloqueada. Se le dio estricto seguimiento hasta la consolidación e integración del injerto, lo cual sucedió después de 12 meses de la última cirugía. Esta técnica se basa en el cumplimiento de los pilares del recientemente introducido concepto diamante, el cual da pautas para la mejor intervención posible y eleva la tasa de éxito de la reconstrucción y su consolidación. Con estas estrategias se ofrece un tratamiento definitivo de la pérdida ósea, el cual es accesible técnicamente para los cirujanos ortopédicos, reproducible y de bajo costo para el paciente.

Palabras clave: condrosarcoma, resección tumoral, pérdida ósea, ortobiológicos, aloinjerto, reconstrucción ósea.

Abstract

Chondrosarcoma are malignant tumors constituted by cartilaginous tissues, the second most common type after osteosarcoma among musculoskeletal tumors, as a general rule they are not sensitive to chemotherapy nor radiotherapy, therefore the treatment involves wide surgical resection with limb salvage, resulting in a bone defect that needs to be reconstructed. reconstruction options available range from endoprostheses, adjuvants after curettage or biological reconstruction using autograft or allograft. Here is a clinical case report of a male patient with massive femoral bone loss, following the resection of a central chondrosarcoma; the bone reconstruction was performed using segmental bone allograft and autograft in combination with platelet rich plasma (PRP), bone marrow aspirate (BMA) and Gelfoam, the reconstruction was stabilized with osteosynthesis material, specifically a locked compression plate (LCP). Strict follow-up was conducted until graft consolidation and integration, which occurred 12 months after the latest surgery. This technique is based on adherence to the principles of the recently introduced "diamond concept", which provides guidelines for the best possible intervention thus increasing the success rate of reconstruction and consolidation. With these strategies, a definitive treatment for bone loss is offered, which is technically accessible for orthopaedic surgeons, reproducible and cost-effective for the patient.

Keywords: chondrosarcoma, tumor resection, bone loss, orthobiologicals, allograft, bone reconstruction.

Correspondencia:

Alejandro Amador Cardona

E-mail: a.amador.c94@gmail.com

Citar como: Amador CA, Sánchez AR, Tecuatl GR, Gutiérrez MI, Barriga MMA, Reyes PR et al. Reconstrucción ósea femoral posterior a resección tumoral, reporte de caso y revisión de la literatura. Orthotips. 2024; 20 (2): 95-102. <https://dx.doi.org/10.35366/115653>

Recibido: 09/07/2023. Aceptado: 16/11/2023.

Abreviaturas:

AMO = aspirado de médula ósea.
LCP = placa de compresión bloqueada.
PRP = plasma rico en plaquetas.

Introducción

Los condrosarcomas son un grupo heterogéneo de tumores con características y comportamientos diversos, que se caracterizan por la formación de matriz condroide.¹ Es el segundo tumor óseo maligno primario más frecuente, después del osteosarcoma;²⁻⁴ ambos representan 50% de las tumoraciones musculoesqueléticas.² La incidencia de condrosarcomas es de 1/500,000 habitantes, tiene una ligera predilección por el sexo masculino, especialmente entre la cuarta y sexta década de la vida.² Se dividen en dos grandes grupos: primario y secundario, el primero es el más frecuente y no se relaciona con lesiones preexistentes; el segundo es raro y es resultado de la malignización de condromatosis múltiple, enfermedad de Ollier o síndrome de Maffucci.⁴ Además, se clasifica en grados de agresividad, grado 1 representa 60% de los condrosarcomas² siendo de bajo grado, unicompartimentales, crecimiento lento y baja tasa de metástasis;² grado 2 incluye 25%; grado 3 involucra 5% y el indiferenciado 10%;² estos últimos tienen comportamiento agresivo local y a distancia, con baja supervivencia global.¹ Estos tumores no responden a quimioterapia ni a radioterapia debido a su escasa vascularidad,¹ por lo que el tratamiento se limita a la resección quirúrgica cuando ésta es posible.^{3,4} Después de la resección con márgenes amplios dará como resultado una pérdida ósea crítica, la cual debe ser reconstruida biológicamente o colocando una prótesis no cementada, a menos que la esperanza de vida sea corta.⁵ La pérdida ósea crítica se definirá como «el defecto óseo más pequeño en un hueso específico y especie que no logrará consolidación espontánea durante toda la vida del individuo»; en la mayoría de los casos es el defecto que excede 2-2.5 veces el diámetro del hueso afectado.⁶

Las reconstrucciones óseas son procedimientos que han aumentado su frecuencia. Los métodos de reconstrucción incluyen: endoprótesis, aloinjerto óseo y hueso desvitalizado.⁷ El resultado del aloinjerto depende del sitio anatómico, con mejor pronóstico en el miembro torácico.⁷

Una opción ya estudiada es una «mega prótesis» después de la resección primaria en bloque de un tumor óseo que deja un defecto óseo muy grande

para reconstruir con injerto autólogo.⁸ Otra opción descrita es la radiación extracorpórea del segmento óseo resecaado en el que se encuentra la neoplasia y su posterior reimplantación;⁸ se reporta baja tasa de recurrencia, pero alta tasa de no unión del intervalo hueso nativo-aloinjerto; sin embargo, los requerimientos técnicos transquirúrgicos lo vuelve poco asequible.⁸ Otra técnica descrita es la crioterapia con nitrógeno líquido en el segmento óseo donde se presenta el tumor, el cual destruye selectivamente las células tumorales para reimplantarlo posteriormente.⁹

Las reconstrucciones biológicas pretenden evitar amputaciones de extremidades, y así conservar la calidad de vida del paciente posterior a la resección tumoral.⁷ Las posibilidades son amplias, pero debido a la estabilidad, disponibilidad del injerto y tasa de efectividad, la colocación de aloinjerto más ortobiológicos es una opción muy accesible. Está descrito que las reconstrucciones biológicas requieren mayor tiempo de recuperación que las prótesis, pero confieren mejores resultados funcionales a largo plazo, aunque hasta 50% de los pacientes requerirán otra cirugía.¹⁰

El concepto diamante es un conjunto de características que deben cumplirse en el tratamiento de pérdidas óseas y consiste en el equilibrio entre mediadores osteoinductores, células osteogénicas, matriz osteoconductora, estabilidad mecánica, estado vascular del sitio lesionado y condiciones generales del paciente. Existe evidencia de que el uso de aspirado de médula ósea (AMO), junto con aloinjerto o andamio de colágeno tiene la misma capacidad osteogénica que el autoinjerto o usado de manera aislada en no unión aséptica y atrófica, con alineación aceptable, defecto mínimo o leve desplazamiento.⁸

Presentación del caso

Se trata de masculino de 38 años de edad, sin antecedentes personales o heredofamiliares de importancia para el padecimiento actual. Acude a consulta externa al cursar con gonalgia derecha de aproximadamente seis semanas de evolución. El dolor descrito fue sordo, profundo y asociado a la actividad física, con poca respuesta a los antiinflamatorios. A la exploración física, no se demostró limitación en la flexión o extensión, tampoco datos de compromiso vascular, y la sensibilidad y fuerza estaban conservadas. Se encontró una zona dolorosa difusa, profunda en el tercio distal del muslo sin alguna otra alteración. Se inicia el protocolo de estudio, realizando radiografías simples ortogonales de fémur y rodilla derechos.



Figura 1:

Radiografía anteroposterior de fémur derecho en la que se observa imagen radiopaca irregular, delimitada al compartimiento del tercio distal del fémur.

En las proyecciones radiográficas, se observa una imagen radiopaca irregular dentro del canal medular del tercio distal del fémur derecho con ausencia de reacción perióstica (*Figura 1*). Continuando con el protocolo, se realiza una resonancia magnética nuclear simple de la extremidad pélvica derecha; en el estudio se demuestra una lesión hipointensa en la secuencia T2, siendo ésta heterogénea, de bordes bien definidos, geográficos, limitada al canal medular del tercio distal de la diáfisis femoral derecha, con discreta invasión de la cortical posterior; sin embargo, no invade tejidos blandos circundantes (*Figura 2*).

Bajo el criterio de la existencia de una neoplasia con características de malignidad en estudios de imagen, se efectúa una biopsia incisional a la brevedad posible. El reporte de patología de la biopsia realizada definió la lesión como un condrosarcoma convencional que infiltra la cortical posterior, con zonas hemorrágicas y cambios de coloración. Dos semanas después se realiza resección de la lesión, conservando bordes libres macroscópicos y realizando aseo por arrastre con solución salina mediante un abordaje lateral a través del vasto lateral derecho (*Figura 3*). Como resultado de la resección queda una pérdida ósea de aproximadamente 11 cm en la diáfisis femoral. Como primera intención para la reconstrucción se coloca aloinjerto óseo segmentario

de 11 centímetros; la reconstrucción se estabiliza con un enclavado centromedular retrógrado bloqueado para fémur, la cirugía se efectuó sin complicaciones quirúrgicas.

El paciente fue evolucionando de manera tórpida, con dolor persistente, acortamiento de la extremidad y marcha claudicante a expensas de miembro pélvico derecho. En las radiografías de control, a los ocho meses postquirúrgicos, se observa ausencia de datos suficientes de integración del injerto (*Figura 4*). Se decide su reintervención para retirar el aloinjerto segmentario y el clavo centromedular retrógrado, para así reavivar bordes mediante escarificación ósea hasta encontrar tejido sangrante. Se colocó un nuevo aloinjerto segmentario óseo, esta vez de 14 cm, pues al reavivar bordes se aumentó el tamaño de la pérdida; además, se implantó aspirado de médula ósea, plasma rico en plaquetas, aloinjerto óseo en forma de «chips» y Gelfoam como andamio y continente de los ortobiológicos, estabilizando la reconstrucción con una placa de compresión bloqueada (LCP) de fémur distal (*Figura 5*). Durante el seguimiento postquirúrgico, se logró la deambulación ocho semanas después de la última intervención, también se demostró integración y consolidación del injerto en el seguimiento radiográfico, presentando grado III de Montoya a los 12 meses posteriores. No aparecieron datos de persistencia de la neoplasia en extremidad inferior derecha en las radiografías de control, se



Figura 2: Resonancia magnética nuclear de fémur distal derecho.



Figura 3: Fotografía de la sección ósea resecada, en la que se observan zonas hemorrágicas dentro del canal medular; sin embargo, la cortical parece no estar invadida.

recuperaron los arcos de movilidad completos en rodilla y cadera de la extremidad intervenida después de las sesiones de rehabilitación. Actualmente, el paciente no presenta dolor, su marcha es normal, no se aprecia acortamiento de la extremidad derecha; se ha reincorporado completamente a sus actividades diarias (Figura 6).

Discusión

La reconstrucción segmentaria se define como el reemplazo de la diáfisis de un hueso largo después de la resección o pérdida de ésta. La reconstrucción con aloinjerto no es un concepto nuevo, pues el primer reporte data de 1881 y se inició su uso en el tratamiento de osteomielitis en 1908 en Alemania, tomando el aloinjerto de extremidades recién amputadas.¹¹

El estándar de oro actual para el tratamiento de tumores malignos en huesos largos es la quimioterapia, cuando es posible; además de cirugía de salvamento de extremidad con reconstrucción ósea usando aloinjerto o endoprótesis.¹² Los métodos de reconstrucción actuales incluyen: endoprótesis, espaciadores de cemento óseo y reconstrucciones biológicas; ya sea aloinjerto óseo o autoinjerto desvitalizado con radiación o crioterapia,^{7,12} así como artrodesis con auto o aloinjerto óseo, plastias de rotación, transporte óseo mediante Ilizarov o artroplastia con autoinjerto.¹³ El

reemplazo con endoprótesis es un método difundido, aporta estabilidad, apoyo precoz de la extremidad y buenos resultados funcionales. En los últimos años, la tasa de supervivencia para las endoprótesis tumorales pasó de 20 a 85%; su complicación más común es el aflojamiento aséptico,¹³ que en promedio es a los 27 meses.¹³ En contraparte, las reconstrucciones biológicas requieren mayor tiempo de recuperación que las endoprótesis, pero confieren mejores resultados funcionales a largo plazo, descartando el desgaste propio del implante, su aflojamiento y revisión; sin embargo, 50% de los pacientes requerirán otra cirugía debido a las altas tasas de complicaciones, entre las más importantes se encuentran la infección, no unión y fractura del injerto.^{12,10} Las tasas de supervivencia para la reconstrucción alrededor de la rodilla superan 85% a cinco años y 50% a 10 años;⁹ además, se demostró que de los aloinjertos que se usan en reconstrucciones biológicas, 77% sigue funcional y competente.⁹ Debido a la escasez del aloinjerto, puede reimplantarse el hueso resecado después de radiación, esterilización, pasteurización o tratarlo con nitrógeno líquido.⁹ También se han descrito recons-



Figura 4:

Radiografía anteroposterior de fémur derecho en la que se observa el aloinjerto segmentario, fijado con un enclavado centromedular retrógrado.



Figura 5: Imagen transquirúrgica en la que se observa la colocación de la placa de compresión bloqueada (LCP), fijando el nuevo aloinjerto previo a la colocación de ortobiológicos.

trucciones con sólo autoinjerto óseo y estabilizado con fijador externo en casos de hidatidosis ósea.¹⁴

La reconstrucción de un defecto óseo, posterior a una resección tumoral, obliga a tomar un enfoque terapéutico fuera de lo convencional por parte del cirujano. Este procedimiento debe explotar todos los recursos al alcance del cirujano para acercarse a la mayor tasa de éxito posible; para ello, se debe basar en los principios del concepto diamante, descritos por Giannoudis recientemente.¹⁵ Éste es el punto de referencia para entender los requerimientos mínimos para la consolidación de los sitios hueso nativo-aloinjerto en el caso descrito y disminuir el riesgo de fractura del injerto o la no unión. Se designan cinco aspectos en el concepto diamante: células osteogénicas, osteoinducción, osteoconducción, estabilidad mecánica y vascularidad,¹⁵⁻¹⁷ todos estos aspectos son cubiertos en el caso clínico, como se describe a continuación.

Las células osteogénicas son aportadas desde el mismo huésped en el hematoma inicial¹⁶ o usando el aspirado de médula ósea (AMO); éste es el procedimiento mediante el cual se inserta un trocar a través de la piel y hasta el hueso esponjoso, para así extraer médula ósea, siendo el objetivo principal las células mesenquimales para después injertarlas en el sitio anatómico a tratar, para que funcione como proveedor de factores de crecimiento, citocinas y, aún más importante, la presencia de células mesenquimales, es un potente osteoinductor.¹⁸ Las células mesenquimales son células pluripotenciales que pueden diferenciarse en muchos tipos de linajes mesodérmicos, incluyendo la diferenciación osteogénica.¹⁹ Las células osteogénicas llegan al sitio de la lesión y responden a la matriz extracelular, factores de crecimiento y citocinas. Las células mesenquima-

les podrán entonces diferenciarse en osteoblastos o condrocitos.²⁰ Se ha demostrado que la médula ósea tiene el potencial osteogénico más alto.¹⁹ En el caso presentado, fue tomado de la cresta iliaca, debido a que la concentración de células aumenta en la médula ósea de los huesos más cercanos a la línea media. Además de contar con ciertas ventajas técnicas como accesibilidad sin estudios de imagen durante la toma del aspirado, sólo de 0.001-0.01% de las células aspiradas son células mesenquimales²¹ y debe limitarse a aspirar tan sólo 2 ml por zona y a 10 ml totales por aspirado.¹⁸ La morbilidad es baja, siendo en orden de frecuencia: hemorragia, dolor persistente, hematoma, infección superficial, osificación heterotópica y fractura en el sitio de aspirado.¹⁸ Existe involución grasa en la médula ósea en pacientes con antecedente de quimioterapia y estos individuos muestran bajos niveles de células progenitoras en la médula ósea, factores a tomar en cuenta para lograr la mayor eficacia posible de la terapia celular en tumores malignos.²⁰

La osteoinducción está dada por los mediadores biológicos de la consolidación que inician con la hemorragia propia en el sitio de la lesión, que contiene plaquetas y macrófagos que liberan citocinas (IL-1, 6, 8, 10 y 12), así como factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factor de crecimiento de fibroblastos (FGF),



Figura 6:

Radiografía de seguimiento. En la proyección anteroposterior se observa correcta integración del injerto en la unión proximal, presencia de callo óseo, compatible con grado III de Montoya, la unión distal grado III.

factor de crecimiento similar a la insulina (IGF) y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β).¹⁶ En este caso se ha decidido aunar el plasma rico en plaquetas y el aspirado de médula ósea como fuente para todos estos factores de crecimiento con capacidad de inducir mitogénesis, maduración y diferenciación de células osteoprogenitoras; además, el aumento de la permeabilidad vascular causado por las interleucinas atrae aún más células osteogénicas, potenciando dicho efecto.¹⁶ La angiogénesis es crucial, inhibirla lleva a la fibrosis y no unión.¹⁷ La circulación endóstica puede comprometerse cuando se realiza una fijación intramedular, lo que se compensa con los vasos periósticos.¹⁷

Posteriormente, los osteoclastos y fibroblastos convertirán al hematoma inicial en tejido de granulación al que migran las células mesenquimales, las cuales, bajo la correcta concentración de oxígeno, se diferencian en osteoblastos.¹⁶

En condiciones fisiológicas, las plaquetas se acumulan en el sitio de lesión endotelial y se activan liberando citocinas y factores de coagulación.²¹ Las citocinas reclutan fibroblastos, células endoteliales y células madre, promoviendo el crecimiento celular y la formación de nuevos vasos en el sitio de lesión.²¹ Las citocinas clave incluyen factores de crecimiento derivados de plaquetas (PDGF) y fibroblastos (FDFG), factor de crecimiento endotelial (VEGF), factor de crecimiento semejante a la insulina 1 (IGF-1) y factor de crecimiento transformante beta-1 (TGF- β).¹⁶ Todos estos compuestos tendrán una función osteoinductora pura.

Como osteoconductor principal se usará el injerto óseo, éste tiene las propiedades fisiológicas que se describen a continuación:

- *Soporte estructural:* los injertos corticales podrán soportar carga de manera razonable, mientras que el injerto de hueso esponjoso solo resiste compresión y variará dependiendo del sitio donador.
- *Osteogénesis:* capacidad del injerto de promover la formación de hueso nuevo a partir de células del propio injerto.
- *Osteoinducción:* reclutamiento, proliferación y diferenciación de células mesenquimales del huésped mediadas por factores de crecimiento.
- *Osteoconducción:* andamio que otorga el tejido conectivo para albergar a la población celular que derivara en formación de hueso nuevo.²²

El injerto autólogo es tomado desde un sitio anatómico e implantado en otro del mismo individuo,

es osteoconductor, osteoinductor y se considera el estándar de oro.⁶ El obtenido de cresta iliaca es comúnmente el más empleado, se usa en reconstrucciones²³ debido a su alto porcentaje de hueso esponjoso que facilita la revascularización e incorporación del injerto,⁶ como desventajas tiene complicaciones en el sitio donador como dolor, hemorragia, mayor tiempo quirúrgico, riesgo de infección y volumen limitado de injerto.⁶ En el caso clínico fue precisamente este autoinjerto el que se requirió.

El aloinjerto, en cambio, es tomado desde un individuo y trasplantado a otro de la misma especie.⁶ Es la mejor alternativa al autoinjerto y está disponible en diferentes formas, incluyendo cortical, esponjoso y derivados óseos altamente procesados, como la matriz ósea desmineralizada; desventajas: es inmunogénico y tiene mayor tasa de fracaso debido a su proceso de liofilización para su conservación, pues pierde su vasculatura y componentes orgánicos,⁶ pero es posible implantar todos estos factores de crecimiento con otras terapias en ortobiología como es el PRP y AMO.¹⁷ En el caso presentado, este tipo de injerto fue un segmento de diáfisis femoral para lograr así estabilidad mecánica y un puente osteoconductor del tamaño de la pérdida ósea.

Se han desarrollado diferentes materiales que serán útiles en la reconstrucción y se pueden clasificar como: polímeros sintéticos y derivados naturales. Estos últimos han demostrado la mejor biocompatibilidad y biodegradación, entre los que se encuentra la esponja hemostática de gelatina de colágeno (Gelfoam[®])²⁴ que se usó como osteoconductor secundario y andamio; es un material autorizado por la Administración de Alimentos y Medicinas (FDA) de los Estados Unidos como andamio para la reconstrucción ósea, a través del cual migran y maduran los preosteoblastos, permitiendo así aumentar la cantidad esperada de osteocitos al final de la consolidación e integración del injerto.²⁵ El Gelfoam[®] usado en este caso es estéril, insoluble en agua, maleable y absorbible, fácil de obtener, barato, biocompatible y no se le atribuyen reacciones alérgicas demostradas.²⁴ Este material tiene una estructura altamente porosa que le otorga sus características osteoconductoras y no limita o retrasa la formación de hueso esponjoso.²⁶ Además, se encontró que la conjunción de Gelfoam y células mesenquimales podrían actuar como tejido perióstico vivo.²⁶ La mayor desventaja de su uso durante las reconstrucciones es que no confiere soporte estructural.²⁵

La estabilidad mecánica se otorga con la fijación de la reconstrucción ósea, usando placas con tornillo

o enclavado centromedular ya se anterógrado o retrógrado, éstos son los más utilizados. El empleo de placa con tornillos provee mayor compresión y una fijación más rígida, especialmente si la placa está bloqueada, mientras que los orificios para los tornillos en el injerto aumentan la tasa de fractura de éste, concepto a considerar como factor de riesgo para fractura del injerto.²⁷ El enclavado centromedular, por otro lado, tiene menor tasa de fractura, pero la compresión inicial entre la unión del hueso nativo y el injerto es difícil. Es importante mencionar que no se han reportado diferencias en su tasa de infección.²⁷

La estabilidad relativa y el conservar tejido blando circundante son de gran importancia para la formación del callo óseo.¹⁷ Las células mesenquimales son sensibles a las condiciones mecánicas, lo que determina su proliferación condrogénica u osteogénica;¹⁵ asimismo, se debe proteger la carga a la extremidad en las fases iniciales de la integración del injerto.¹⁵

Conclusiones

El tratamiento de elección para los tumores óseos malignos primarios es la resección quirúrgica (salvando la extremidad) y realizar una reconstrucción de ésta, respetando el tejido blando circundante. Las opciones para la reconstrucción incluyen endoprótesis, autoinjerto óseo, autoinjerto desvitalizado o aloinjerto óseo segmentario. La mayor ventaja del aloinjerto segmentario es la durabilidad de la reconstrucción, aunque su integración y consolidación requieren más tiempo que el autoinjerto; afortunadamente, en combinación con ortobiológicos se puede aumentar la tasa de éxito. La consolidación también dependerá del estado general del paciente, sus comorbilidades y la estabilidad de la reconstrucción, he aquí la importancia del concepto diamante y su uso en la planeación quirúrgica de éstas. Cada uno de los parámetros de este concepto deberá mejorarse o compensarse con ortobiológicos, siendo los más importantes y utilizados el aspirado de médula ósea, el plasma rico en plaquetas, Gelfoam® y el injerto autólogo. Se debe agregar también una fijación estable, ya sea con una placa y tornillos o clavo centromedular. En el caso presentado, se han cubierto todos estos parámetros descritos previamente para así ofrecer mejor pronóstico y tasa de éxito al paciente, permitiendo reincorporarse a sus actividades cotidianas y estilo de vida en el menor tiempo posible. Por lo tanto, se considera que el aloinjerto segmentario acompañado de aspirado de médula ósea, plasma rico en plaquetas y Gelfoam es

una opción eficaz, reproducible, con alta tasa de éxito y de bajo costo, comparada con las endoprótesis, para tratar las pérdidas óseas masivas.

Referencias

1. Clara-Altamirano MA, García-Ortega DY, Núñez-González M, Caro-Sánchez CHS, Espejo-Sánchez G, Martínez-Said H, et al. Estado actual del condrosarcoma en un centro de referencia. *Acta Ortop Mex.* 2021; 35 (4): 300-304.
2. Esparza-Romero R, Cortés-Torres EJ, García-Martínez D, et al. Condrosarcomas óseos: características clínicas y resultados quirúrgicos en cinco años. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2018; 56 (3): 273-278.
3. Álvarez LA, García LY, Casanova MC, Muñoz IA. Condrosarcoma. *Rev Cubana Ortop Traumatol.* 2007; 21 (2).
4. Gazendam A, Popovic S, Parasu N, Ghera M. Chondrosarcoma: A Clinical Review. *J Clin Med.* 2023; 12 (7): 2506.
5. Donati D, Zavatta M, Gozzi E, Giacomini S, Campanacci L, Mercuri M. 2-2.5 Modular prosthetic replacement of the proximal femur after resection of a bone tumour a long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2001; 83 (8): 1156-1160. doi: 10.1302/0301-620x.83b8.12165.
6. Wang W, Yeung KWK. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: a review. *Bioact Mater.* 2017; 2 (4): 224-247. doi: 10.1016/j.bioactmat.2017.05.007.
7. Liu Q, He H, Duan Z, Zeng H, Yuan Y, Wang Z, Luo W. Intercalary allograft to reconstruct large-segment diaphysis defects after resection of lower extremity malignant bone tumor. *Cancer Manag Res.* 2020; 12: 4299-4308. doi: 10.2147/CMAR.S257564.
8. Krieg AH, Davidson AW, Stalley PD. Intercalary femoral reconstruction with extracorporeal irradiated autogenous bone graft in limb-salvage surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89 (3): 366-371. doi: 10.1302/0301-620X.89B3.18508.
9. Tsuchiya H, Wan SL, Sakayama K, Yamamoto N, Nishida H, Tomita K. Reconstruction using an autograft containing tumour treated by liquid nitrogen. *J Bone Joint Surg Br.* 2005; 87 (2): 218-225. doi: 10.1302/0301-620x.87b2.15325.
10. Giannini C, Sambri A, Dalla Rosa M, Zucchini R, Bochicchio V, Fiore M, et al. Intercalary bone graft of the tibia: case series and review of the literature. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020; 30 (8): 1421-1427. doi: 10.1007/s00590-020-02718-y. Epub 2020 Jun 19. Erratum in: *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020.
11. Panagopoulos GN, Mavrogenis AF, Mauffrey C, Lesensky J, Angelini A, Megaloikonomos PD, et al. Intercalary reconstructions after bone tumor resections: a review of treatments. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2017; 27 (6): 737-746. doi: 10.1007/s00590-017-1985-x.
12. Li J, Wang Z, Pei GX, Guo Z. Biological reconstruction using massive bone allograft with intramedullary vascularized fibular flap after intercalary resection of humeral malignancy. *J Surg Oncol.* 2011; 104 (3): 244-249. doi: 10.1002/jso.21922.
13. Mittermayer F, Windhager R, Dominkus M, Krepler P, Schwameis E, Sluga M, et al. Revision of the Kotz type of tumour endoprosthesis for the lower limb. *J Bone Joint Surg Br.* 2002; 84 (3): 401-406. doi: 10.1302/0301-620x.84b3.12204.
14. Neogi DS, Kumar V, Malhotra R. Femoral allograft in the management of osseous hydatidosis presenting as femoral shaft non-union. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009; 129 (12): 1627-1632. doi: 10.1007/s00402-008-0797-1.

15. Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: the diamond concept. *Injury*. 2007; 38 Suppl 4: S3-6. doi: 10.1016/s0020-1383(08)70003-2.
16. Andrzejowski P, Giannoudis PV. The 'diamond concept' for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol*. 2019; 20 (1): 21. doi: 10.1186/s10195-019-0528-0.
17. Rodriguez-Fontan F. Fracture healing, the diamond concept under the scope: hydroxyapatite and the hexagon. *Medicina (B Aires)*. 2022; 82 (5): 764-769.
18. Schottel PC, Warner SJ. Role of bone marrow aspirate in orthopedic trauma. *Orthop Clin North Am*. 2017; 48 (3): 311-321. doi: 10.1016/j.ocl.2017.03.005.
19. Lee JY, Choi MH. Autologous mesenchymal stem cells loaded in Gelfoam for structural bone allograft healing in rabbits. *Cell Tissue Bank*. 2011; (12): 299-309.
20. Hernigou P, Poignard A, Manicom O, Mathieu G, Rouard H. The use of percutaneous autologous bone marrow transplantation in nonunion and avascular necrosis of bone. *J Bone Joint Surg Br*. 2005; 87 (7): 896-902. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.16289. PMID: 15972899.
21. Murphy MB, Terrazas JA, Buford DA. Bone marrow concentrate and platelet-rich plasma acquisition and preparation: why technique matters, *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management*. 2015; 19 (1-2): 19-25, ISSN 1084-208X
22. Schmidt AH. Autologous bone graft: is it still the gold standard? *Injury*. 2021; 52 (Suppl. 2): S18-S22, ISSN 0020-1383. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.01.043>.
23. Rodriguez CE. An algorithmic approach towards the orthoplastic management of osseous and soft tissue defects in post-traumatic distal tibial fractures. Review Article. *J Orthop Trauma Surg Rel Res*. 2017; 12 (2): 56-61.
24. Kuo ZK, Lai PL, Toh EK, Weng CH, Tseng HW, Chang PZ, et al. Osteogenic differentiation of preosteoblasts on a hemostatic gelatin sponge. *Sci Rep*. 2016; 6: 32884. Available in: <https://doi.org/10.1038/srep32884>.
25. Wang CY, Kuo ZK, Hsieh MK, Ke LY, Chen CC, Cheng CM, et al. Cell migration of preosteoblast cells on a clinical gelatin sponge for 3D bone tissue engineering. *Biomed Mater*. 2019; 15 (1): 015005. doi: 10.1088/1748-605X/ab4fb5.
26. 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. *Orthotips*. 2022; 18 (4): 331-336.
27. Jamshidi K, Bahardoust M, Karimi Behnagh A, Bagherifard A, Mirzaei A. How the choice of osteosynthesis affects the complication rate of intercalary allograft reconstruction? A systematic review and meta-analysis. *Indian J Orthop*. 2021; 56 (4): 547-558. doi: 10.1007/s43465-021-00563-7.

Conflicto de intereses

Declaramos que no existe algún conflicto de intereses.