

Injertos óseos estructurales en el tratamiento de las neoplasias de hueso. Complicaciones y hallazgos de imagen

Joaquín Galant^a • Rafael Alcalá-Santaella^b • Manuel Navarro^a • Nuria Olmedo^b • María José Mayol^c • Jorge Calbo^a • José Verdú^d

^aServicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario San Juan de Alicante. San Juan de Alicante. Alicante.

^bServicio de Traumatología. Hospital Universitario San Juan de Alicante. San Juan de Alicante. Alicante.

^cServicio de Anatomía Patológica. Hospital Universitario San Juan de Alicante. San Juan de Alicante. Alicante.

^dServicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitario San Juan de Alicante. San Juan de Alicante. Alicante. España.

Structural Bone Grafts in the Treatment of Bone Neoplasias. Complications and Imaging Findings

Introducción: El objetivo de la cirugía de los tumores óseos viene siendo, desde hace varias décadas, el control local de la enfermedad conservando la mayor funcionalidad posible del miembro. Los injertos óseos procedentes de banco de hueso son una de las herramientas de las que se dispone para reparar los defectos causados al extirpar los tumores.

Objetivos: Aproximar al radiólogo, desde una perspectiva multidisciplinaria, al seguimiento de los tumores óseos tratados con injertos estructurales. Describir las complicaciones más frecuentes en el seguimiento de éstos y sus hallazgos en imagen comparados con su evolución radiológica normal.

Material y métodos: Se han revisado los historiales clínicos y los estudios de imagen previos a la cirugía y los realizados en el seguimiento de ésta, de 12 pacientes sometidos a cirugía de tumores óseos con injertos estructurales, que presentaron complicaciones de éstos en su evolución.

Conclusiones: La monitorización mediante imagen de los injertos y de sus sistemas de fijación resulta imprescindible y permite detectar las complicaciones asociadas al procedimiento. El radiólogo debe conocer las complicaciones más frecuentes de fracaso del injerto que incluyen: la no unión, su fractura, la infección y la recurrencia tumoral, así como sus manifestaciones en imagen, y permitir la detección de éstas en tiempos precoces. Debe también integrarse en grupos multidisciplinarios, participando en el seguimiento integral de los injertos.

Palabras clave: Aloinjertos óseos. Tumores óseos. Cirugía conservadora de miembro.

Introduction: The aim of bone tumor surgery has for several decades focused on local control of disease in the maximum possible preservation of the limb. Reliance on bone banks in the facilitation of suitable bone grafting has become a tool used in repairing damage caused by tumor excision.

Aim: To acquaint radiologists, through a multidisciplinary approach, with follow-up of bone tumors treated with structural grafts. To describe those complications most frequently observed throughout such follow-up, and to compare correspondent imaging findings with those of normal evolution.

Material and methods: There were reviewed clinical histories, as well as both pre-surgical and post-surgical follow-up imaging results, of 12 patients who had undergone bone tumor surgery in conjunction with structural bone grafts and who subsequently developed complications as a result.

Conclusions: The monitoring of grafts and fixation mechanisms through the use of imaging techniques is essential, providing a method for detecting any complications associated with the procedure. Radiologists must be aware of the most frequently occurring complications of bone graft failure, which include non-union, fracture, infection and tumoral recurrence, as well as their corresponding imaging manifestations. These will allow for early detection of such complications. Also essential is the radiologist's integration into a multidisciplinary group whose task would be to provide a comprehensive follow-up in bone graft cases.

Key words: Allogeneic Bone Graft, Bone Tumors, Limb Preservation Surgery.

El tratamiento de los pacientes con neoplasias malignas del sistema musculoesquelético ha experimentado grandes cambios en las tres últimas décadas. El desarrollo de los tratamientos quimioterápicos neoadyuvantes, las técnicas de reconstrucción

quirúrgica, la bioingeniería y las prótesis han sido las bases que han permitido el desarrollo del principio de conservación del miembro desde los años 1970, abandonando la amputación como tratamiento de elección sistemático de la década anterior. Con su desarrollo, las técnicas de imagen han proporcionado respuestas a las nuevas preguntas que se formulaba el cirujano al demostrar con precisión la extensión de las lesiones.

Para poder realizar cirugías agresivas con control local efectivo de los tumores, conservando el miembro y su función, es necesario solventar los defectos óseos que ocasionan estas cirugías. La sustitución de estos defectos óseos puede realizarse siguiendo diferentes técnicas. Una de éstas, utiliza la colocación de endo-

Correspondencia:

JOAQUÍN GALANT. Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario San Juan de Alicante. Ctra. Nacional 332 Alicante-Valencia, s/n. 03550 San Juan de Alicante. Alicante. España. galant_joa@gva.es

Recibido: 14-I-2003.

Aceptado: 9-XII-2003.

prótesis metálicas. Algunas de sus desventajas son su elevado coste económico, que suelen requerir un diseño a medida y que su duración tan sólo es moderada¹. Los implantes metálicos muestran sus mejores resultados en los primeros tres años, con aumento importante de sus complicaciones en los siguientes^{1,2}. Los aloinjertos estructurales constituyen una buena alternativa a las endoprótesis metálicas. Se definen los aloinjertos u homoinjertos, como trasplantes entre miembros de la misma especie. Cuando los trasplantes se emplean para reparar defectos causados por la extirpación de un gran fragmento de hueso se denominan estructurales, mientras que cuando se utilizan para relleno, como en el caso de cavidades por curetaje, recambios protésicos, pseudoartrosis, etc., son llamados no estructurales. Los aloinjertos estructurales muestran mejores resultados a largo plazo que las endoprótesis metálicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han revisado los estudios de imagen secuenciales realizados a 12 pacientes sometidos a cirugía de tumores óseos empleando injertos óseos estructurales, que presentaron complicaciones en su evolución. Todos los pacientes incluidos en la serie tienen estudio de extensión previo a la cirugía, que incluye exploración por resonancia magnética (RM) y radiografías simples. Se dispone de gammagrafía ósea (Tc⁹⁹) previa a cirugía en seis de estos casos. Todos los pacientes siguieron vigilancia clínica estrecha y se realizaron controles de imagen mediante radiografías convencionales cada tres meses en el primer año y cada seis en el segundo y tercer años. En un caso con sospecha de infección, se realizó estudio mediante RM con empleo de contraste. Se practicó gammagrafía con galio en dos casos con sospecha de infección. En estos casos, se realiza una gammagrafía ósea y gammagrafía con Ga⁶⁷, se establece comparación entre ambas y se valoran discordancias.

Tras la resolución quirúrgica de las complicaciones, se realizó también seguimiento estrecho clínico y de imagen, dependiendo de los hallazgos clínicos encontrados.

PROCEDIMIENTO Y TIPOS

Los aloinjertos se extraen de cadáver a las 24-72 h tras la muerte, habitualmente siguiendo procedimiento estéril. Cuando la extracción no se realiza de modo estéril, se debe realizar esterilización mediante agentes químicos como el óxido de etileno o radioterapia. Esta última ofrece desventajas, se ha descrito debilitamiento del injerto asociado a mayor incidencia de fracturas al emplear dosis altas de radiación³. Tras su extracción, se almacenan empleando criopreservación a temperaturas próximas a -80° en un banco de huesos, y se realiza seguimiento de las piezas mediante cultivos seriados y estudio anatomopatológico con muestreo de los extremos. Cuando los injertos se preparan en quirófano para su colocación, se vuelven a obtener cultivos y se mantienen en solución Ringer lactato caliente con antibióticos⁴.

Para que todo este proceso pueda realizarse, se requiere de bancos de huesos operativos que, además de realizar la vigilancia para evitar enfermedades transmisibles al receptor, dispongan de amplios inventarios de piezas, de forma que se pueda seleccionar la pieza que mejor se ajuste en tamaño y forma a cada paciente concreto⁴. En muchos bancos se radiografían las piezas que se comparan con las obtenidas del paciente, evitando magnificación, para la selección del injerto⁴.

Podemos clasificar los aloinjertos dependiendo de su relación con el hueso huésped. Se denominan *injertos intercalares* a aquellos que sustituyen toda o parte de la diáfisis y metáfisis insertándose entre segmentos de hueso huésped. Su principal indicación son los pacientes con tumores diafisarios o diafisometafisarios en los que es posible practicar cirugía oncológica con buenos márgenes, conservando los extremos articulares (o las placas fisarias, si son niños). Cuando el tumor está muy cerca de la placa fisaria sin llegar a afectarla, es posible realizar un injerto intercalar realizando previamente una distracción fisaria con fijador externo, lográndose un alargamiento adicional de hueso «sano» para alcanzar el margen de seguridad adecuado⁵. Recientemente, en casos con afectación de la placa fisaria pero epífisis no alteradas por el tumor, se comienzan a realizar resecciones transepifisarias (que incluyen la placa fisaria), complementadas con injertos intercalares para conservar la congruencia articular y aprovechar, al menos, el crecimiento circunferencial de la epífisis. Otra modalidad la constituye el *injerto osteoarticular*, en el que el injerto contiene una de las superficies articulares. Prácticamente, tan sólo se realizan en miembro superior, con la idea de conservar la máxima cantidad de hueso. Pese a no tratarse de articulaciones de carga, también se acaba produciendo un deterioro articular que conducirá, en la mayoría de casos, a una cirugía de sustitución articular. Por este motivo, en nuestro centro la técnica empleada es la cirugía de aloinjerto combinado con prótesis en dos tiempos. Con la técnica de *injerto-artrodesis*, el extremo del injerto se artrodesa con la otra vertiente articular. Se realiza en aquellos casos en los que la articulación está comprometida, pero en los que la resección de partes blandas ha de ser tan amplia que no es posible conservar una funcionalidad adecuada para una prótesis. También se utilizan en niños en los que sea necesario recurrir a prótesis expansibles por el potencial crecimiento de sus extremidades. Debido a la alta morbilidad y a la necesidad de múltiples reintervenciones que conllevan, muchos autores prefieren realizar injerto-artrodesis de entrada con alargamientos óseos tardíos, que finalmente siempre se podrían reconvertir en prótesis al término del crecimiento. Con la técnica de *injerto-prótesis*, el injerto se encuentra fijado a una prótesis articular metálica. Cuando necesariamente hay que sacrificar de entrada la articulación, se suele preferir el injerto-prótesis a las prótesis tumorales de sustitución (con espaciadores metálicos o plásticos), ya que sobre el injerto es mucho más sencillo y eficaz realizar el anclaje de partes blandas, lo que es especialmente problemático en tumores de tibia proximal en los que es necesario reinsertar el tendón rotuliano.

Común a todos los procedimientos, tras la resección del tumor se implanta el fragmento de injerto seleccionado y se fija mediante placas atornilladas o clavos intramedulares que se encastran en el hueso receptor. En algunos casos, dependiendo de la familiaridad del cirujano con el procedimiento, también puede realizarse la fijación sin material de osteosíntesis, mediante marquetería.

INCORPORACIÓN DEL INJERTO

En la práctica, los aloinjertos carecen de capacidad antigénica debido a que su proceso de congelación no permite la viabilidad de materia orgánica. El trasplante lo que aporta es un almacén inorgánico estructural.

En las interfases entre injerto y huésped tienen lugar dos tipos de uniones, corticocortical y medular. En las uniones corticales,

la cicatrización se produce por el desarrollo de un callo externo que se origina en el periostio del hueso huésped y se extiende hacia la superficie del injerto^{6,7} que puede demostrarse mediante radiografías. La hendidura en la zona de osteotomía se rellena inicialmente con tejido fibrovascular reparativo que es reemplazado por trabéculas inmaduras que evolucionan gradualmente a hueso haversiano^{6,7}. La unión entre esponjosas se expresa radiológicamente como una fina banda radiodensa⁷. El hecho de que los cambios reparativos tengan lugar tan sólo en torno a las zonas de unión, sugiere que los aloinjertos procedentes de banco se están comportando como osteoconductores más que como osteoinductores^{6,7}, es decir, que los injertos ayudan a la formación de hueso nuevo por el huésped al proporcionarle un soporte para su depósito^{7,8}. La zona más externa de unión ósea proporciona anclaje a fibras colágenas que se originan en músculos, fascias y ligamentos adyacentes^{6,7}.

Podemos considerar que el procedimiento ha tenido éxito cuando el injerto se ha incorporado de forma adecuada, es decir, cuando se ha producido la unión y existe una tolerancia de la carga fisiológica sin fractura ni dolor⁸. Con esta definición, los porcentajes de éxito que se han comunicado son en general altos, superiores al 80%⁹.

La monitorización mediante imagen de los injertos y los sistemas de fijación, resulta indispensable y permite detectar las complicaciones asociadas al procedimiento. Los radiólogos deben reconocer las causas más frecuentes de fracaso del injerto que incluyen la fractura de éste, la infección, la no unión, la recurrencia tumoral y la rotura del material de osteosíntesis. Los hallazgos radiológicos por sí solos permiten un diagnóstico fiable de la mayoría de complicaciones importantes¹⁰.

COMPLICACIONES

Los porcentajes de complicaciones varían de forma notable según las series^{4,10-13}, si bien característicamente las proporciones de éxitos son mayores cuanto más grande es la serie del investigador.

Hay que indicar que, a pesar de los altos porcentajes de éxito finales, la consecución de éste requiere, en un porcentaje importante de casos, la realización de cirugías adicionales.

NO UNIÓN E INESTABILIDAD

La unión ósea se valora enteramente sobre los datos del estudio radiológico, y puede definirse como la desaparición de la línea radioluciente en la interfase injerto-huésped y la presencia de puente óseo externo que establece la continuidad del hueso cortical a los dos lados de la unión¹⁴ (fig. 1A). En los estudios mediante gammagrafía ósea con hidroximetilendifosfonato de Tc^{99m}, se observa un aumento de la captación en las uniones entre el hueso huésped y el injerto¹⁰ (fig. 1B). De forma característica en estos estudios, el injerto suele presentar una apariencia en «vías de tren»¹⁰, que consiste en líneas paralelas de captación del trazador delimitando las superficies externas del injerto (fig. 1B), probablemente debida a la formación de hueso nuevo a lo largo de superficies neovascularizadas¹⁰.

La no unión se ha definido de forma arbitraria como la ausencia de unión al año de la cirugía^{9,13,15}. Actualmente, sigue siendo objeto de debate si la causa de no unión es puramente mecánica o participa también la respuesta inmunológica del huésped⁴. La

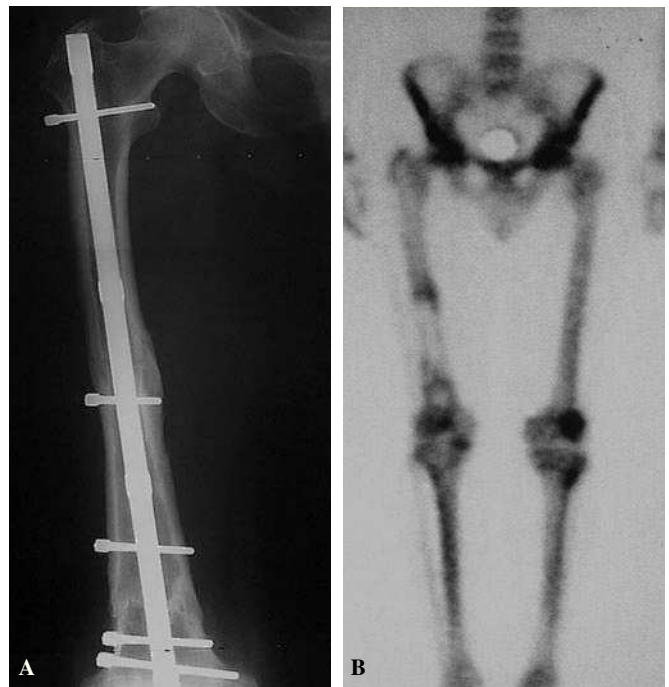


Fig. 1.—A) Resección de metástasis única de 10 cm, de un hipernefoma del tercio distal del fémur con injerto intercalar fijado con clavo en-cerrojado. Consolidación de las dos uniones al año con apariencia radiológica y funcional del paciente excelente. B) Gammagrafía ósea al año que demuestra los callos de consolidación.

incidencia de no unión comunicada en diferentes series se sitúa entre el 17% y el 49%^{9,13,16-18}.

Son numerosas las variables que influyen en el proceso de consolidación. Las cubiertas de los tejidos de partes blandas que rodean al hueso tienen la capacidad de iniciar el proceso reparativo y con su extirpación en la cirugía de los tumores agresivos, se suele interferir en el mecanismo de la reparación. La quimioterapia aumenta el riesgo de no unión^{13,16}, al producir una disminución de la remodelación ósea¹⁹ que probablemente se debe a su efecto sobre las células que en ella intervienen (osteoblastos, osteoclastos y células endoteliales)^{13,20}. Es de destacar que el tipo de fijación empleada no parece desempeñar una influencia significativa sobre los tiempos de unión^{9,17}.

Además de la no unión, existen otros factores que pueden incidir de forma importante en la inestabilidad del sistema. Si existe escasa disponibilidad de injertos en banco, la probabilidad de encontrar aquél que se adapte de forma idónea a las necesidades del paciente disminuye. Este hecho puede condicionar cierta incongruencia de la unión huésped-injerto que ocasione una distribución de fuerzas no homogénea. En muchos de estos casos se producirá angulación progresiva de los fragmentos (fig. 2A) que hará necesaria la reintervención. Otra fuente potencial de inestabilidad se genera por el propio crecimiento del paciente, que puede ocasionar mayor tensión especialmente en el extremo distal del fémur (el de mayor velocidad de crecimiento) al disminuir la relación de la zona con fijación por la osteosíntesis con la longitud total del fémur (fig. 3).

Algunos de los signos que nos indican que el sistema es inestable o que el material de fijación está claudicando, son la fractura del material de osteosíntesis (con frecuencia los tornillos de

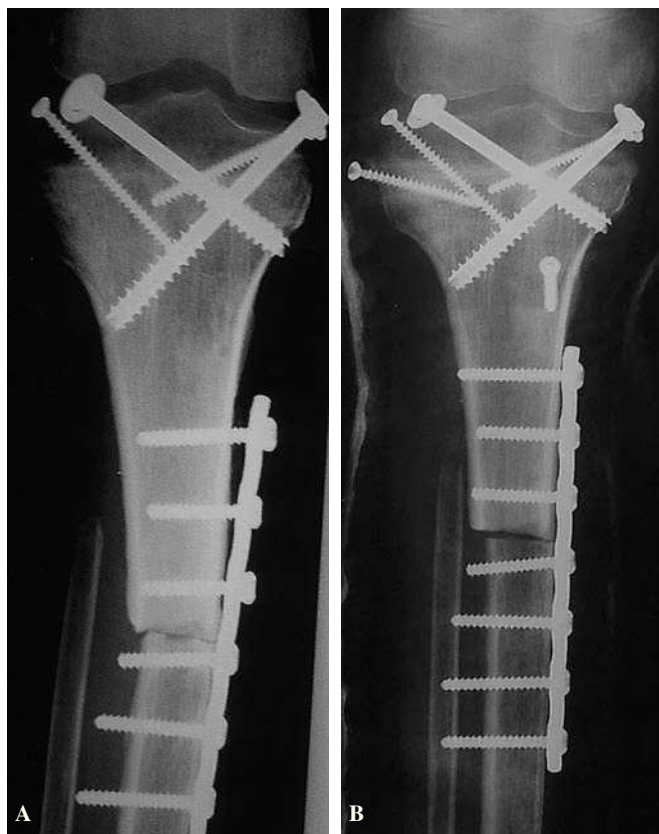


Fig. 2.—A) En paciente con osteosarcoma metafisario de tibia se realizó resección transepifisaria con injerto intercalar. Obsérvese que existe cierta incongruencia entre el extremo distal del injerto y el extremo tibial. B) Se produce angulación en valgo que fue progresiva (controles no mostrados) y aflojamiento de la osteosíntesis.

fijación) (fig. 3E), la aparición de zonas lucentes en torno a los extremos del enclavado intramedular indicando su movilización (fig. 3D) y el aumento de la distancia entre la placa de fijación y el hueso huésped (fig. 3E). Como ya se ha indicado, la angulación de fragmentos constituye un signo inequívoco de que el sistema es inestable (fig. 3E).

Hay que indicar que aunque la no unión constituye la complicación más frecuente, sus efectos son menores que los que ocasionan la infección, fractura o recurrencia tumoral. Cuando no se produce la unión, tiende a realizarse una nueva cirugía^{9,16} reemplazando o ajustando el sistema de fijación, incluso depositando, en la zona de unión, injerto autólogo de cresta ilíaca. Puede realizarse más de un intento quirúrgico cuando no se consigue la unión, especialmente cuando no existen otros factores, como la infección, complicando el proceso¹⁶. Tras el tratamiento quirúrgico de la no unión, el porcentaje de fracasos comunicado oscila entre el 4% y el 8%^{9,13,16}.

FRACTURA

En la génesis de las fracturas, se ha considerado un factor de especial relevancia la existencia de zonas en las que la cortical ósea se encuentra debilitada. Defectos óseos corticales ocasionados por tornillos de fijación en sistemas placa-tornillo, por reinserciones de tendones o ligamentos o de cualquier otro origen facilitan la fractura^{11,13,15,17}. La resistencia del injerto está claramente disminuida en los orificios de los tornillos de fijación que constituyen de hecho, junto con el extremo de la placa de fijación, los lugares más frecuentes de fractura⁷. Se han comunicado incluso porcentajes de fractura en injertos que se habían estabilizado con dos placas-tornillos que duplican a los intervenidos con sólo una⁹. En realidad, cualquier defecto de la cortical puede constituir un elemento predisponente para la



Fig. 3.—A y B) Radiografías a los dos meses tras resección tumoral de un sarcoma de Ewing de fémur con injerto intercalar fijado con clavo enclavado y placa AO en unión distal (fig. 4C). C y D) Movilización del injerto. La movilización posterior del extremo proximal del clavo ocasiona lisis ósea (flecha). Existe también rotura del tornillo (fig. 4D). En el extremo caudal se produce angulación anterior con movilización de placa y rotura de tornillo (fig. 4E). El importante crecimiento del paciente en menos de un año se demuestra por el aumento en la distancia placa/clavo-fisis, siendo éste el probable origen de la inestabilidad.

fractura y debe ser especialmente vigilado. Uno de nuestros pacientes con injerto intercalar de tibia proximal, desarrolló una fractura que se originaba en un cajetín anterior en relación con la obtención del tendón rotuliano y su zona de inserción tibial para la realización de injerto (fig. 4). Probablemente, el aprovechamiento de injerto tendinoso e intercalar debe considerarse incompatible, y se deben rechazar como pieza de injerto aquellas que previa a su inserción ya demuestran zonas de posible debilitamiento.

En la línea de preservar la integridad cortical durante la fijación del injerto, se han descrito las ventajas de la fijación intramedular sobre los sistemas de fijación externa al reducir la incidencia de fracturas^{11,17,18}. La fijación intramedular muestra, no obstante, limitaciones cuando se trata de fijar injertos intercalares con distancias menores de 6 cm a las superficies articulares¹⁷. La variación del calibre del canal medular en tibia, así como su curvatura, también limitan su uso en este hueso¹⁷.

Las fracturas tienden a ocurrir una vez que se ha producido la consolidación en la unión injerto-huésped, y en las series se describe un tiempo medio entre la colocación del injerto y la fractura de entre 22 y 38 meses^{7,9,11,13,15,17,21,22}. Después de los tres-cuatro años de la cirugía, los injertos suelen ser estables, de forma que la incidencia de fracturas disminuye de forma importante⁴.

La incidencia de fracturas comunicada varía en las series entre el 10% y el 20%^{4,9,11,12}.

Se ha estudiado la relación de otras variables con una mayor incidencia de fracturas distintas de la existencia de zonas de debilitamiento cortical. Se ha indicado que el porcentaje de fracturas es mayor en los pacientes con no unión^{16,23,24}. De igual forma, injertos irradiados antes de su implantación para disminuir el riesgo de infección³, se asocian con una tasa mayor de fracturas³. Aunque en algún caso se han descrito incidencias mayores de fracturas en pacientes que han seguido tratamiento quimioterápico²¹, es probable que la influencia de ésta sea mínima o inexistente^{13,15,17}, a diferencia, como ya se ha comentado anteriormente, de la que ejerce este tratamiento sobre la incidencia de no unión. Algunos autores han comunicado una mayor frecuencia de fracturas en varones jóvenes^{12,21,24}, probablemente en relación con el desarrollo de mayor actividad física. De igual forma, determinadas localizaciones pueden complicarse con fracturas en una proporción superior a otros injertos, como sucede con los injertos tibiales²⁵.

Las fracturas de injerto suelen tratarse con su reducción, reemplazamiento del sistema de fijación y aplicación de injerto de cresta ilíaca en el lecho. El porcentaje aproximado de fracasos en el tratamiento de las fracturas de injerto (colocación de nueva prótesis o amputación) es del 28%⁹.

INFECCIÓN

Suele ocurrir los seis primeros meses tras la cirugía²⁶, y constituye la complicación más temible. El injerto, al no estar vascularizado, no está protegido por la respuesta inmune del huésped, y se comporta como un cuerpo extraño favorecedor de infección²². Además del procedimiento quirúrgico a que se han expuesto estos pacientes, muchos han sido previamente radiados o están siendo sometidos a tratamiento quimioterápico, factores que afectan a la inmunidad local y general. La no unión, probablemente favorece también la infección¹⁶.

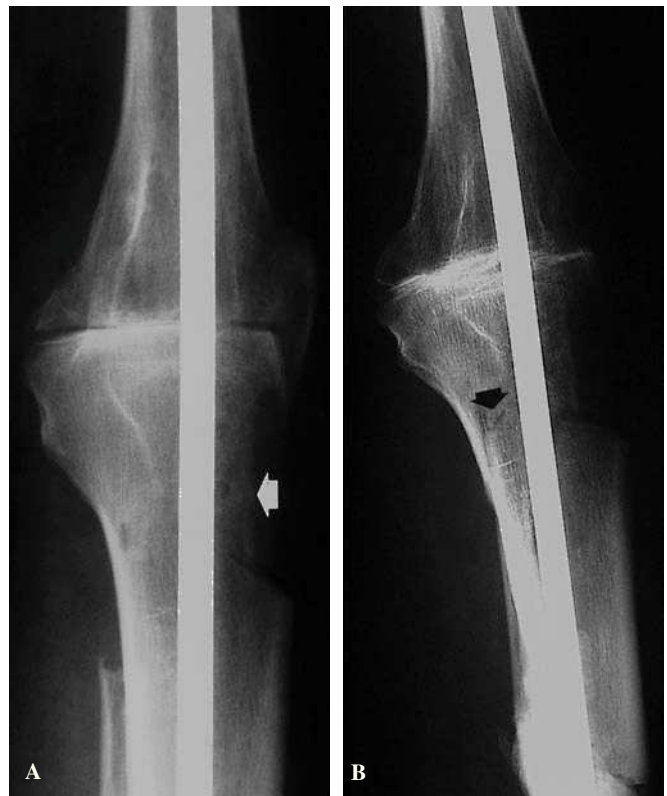


Fig. 4.—A) Tras resección de tumor de células gigantes metafisioepifisario tibial, se realizó resección e injerto con artrodesis y enclavado intramedular. Resulta de especial interés la demostración de un defecto tibial anterior en forma de cajón (flecha). Al cadáver donante le extrajeron el tendón rotuliano (se empleaba en reconstrucciones del ligamento cruzado anterior). B) Radiografía lateral ocho meses después. Se observa desarrollo de callo injerto-tibial. Se ha producido también la fractura del injerto (flecha) aprovechando el punto débil que supone el cajetín tibial anterior.

Suelen ser secundarias a gérmenes saprófitos de la piel, especialmente *Staphylococcus epidermidis*. La incidencia de infección profunda según series se sitúa entre el 10% y 15%^{9,20,26}.

El tratamiento de la infección conduce, en la mayoría de los casos, a la resección del injerto (fig. 5), y en un alto porcentaje de casos es necesaria la amputación⁹.

La tabla 1 resume algunas de las alteraciones, anteriormente comentadas, que pueden aparecer en los estudios de seguimiento mediante radiografías simples y que deben hacer pensar en una mala evolución de los injertos.

PAPEL DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA EN EL SEGUIMIENTO DE LOS INJERTOS INTERCALARES

Las principales aplicaciones de la RM en el seguimiento de los pacientes con injertos masivos óseos son la valoración de la recurrencia tumoral y la infección. Estas dos complicaciones, con frecuencia se detectan de forma tardía si el control de los pacientes se realiza tan sólo mediante radiografías, ya que las alteraciones se centran en la medular ósea y en las partes blandas. La instrumentación metálica empleada dificulta el estudio de un amplio segmento, pero no suele impedir el examen de los extremos distales²⁷.

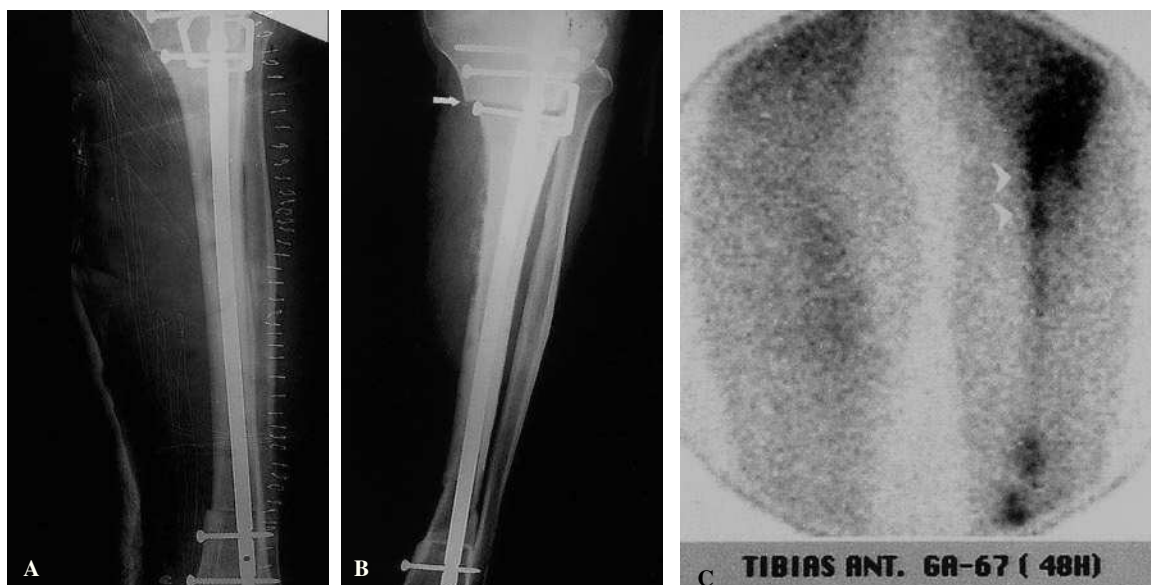


Fig. 5.—A) Exéresis amplia con injerto intercalar con enclavamiento UTN, tornillos y grapas en paciente con adamantinoma. B) Infección de la herida quirúrgica con repetidas curas. Desarrollo de absceso de partes blandas y osteomielitis. Existe irregularidad del borde cortical medial. Se demuestra movilidad de la unión proximal respecto al estudio posquirúrgico (flecha). C) La gammagrafía con galio muestra captación del trazador a las 48 h de su inyección (flechas blancas).

Se ha descrito la apariencia normal en RM de los injertos^{27,28}, que debe ser conocida para no confundir con recurrencia o infección. En el período postoperatorio inmediato (hasta el inicio del tercer mes), la señal grasa de la medular del injerto se encuentra reemplazada en numerosos focos por zonas de distinta señal²⁸. Las zonas de alteración de señal en la medular pueden representar áreas de saponificación de la grasa o pequeños focos necróticos entremezclados con tejido fibrovascular²⁸. Especialmente en las regiones subcondrales pueden aparecer cavidades medulares rellenas por líquido proteínico que en RM ocasionan áreas geográficas de alteración de la señal²⁷. En este período, el injerto no muestra captación de gadolinio²⁸. Durante un período intermedio (tres meses a dos años), la medular continúa apareciendo heterogénea y se demuestra captación del contraste en los márgenes endóstico y perióstico del injerto, que probablemente representa la proliferación vascular y el proceso reparativo²⁸. A los dos años tras la cirugía la captación empieza a ser menos evidente²⁸. Tanto la captación de contraste en las zonas descritas como las alteraciones en la señal de la medular del injerto, deben ser reconocidas para no ser confundidas con patologías como la infección o la recurrencia^{27,28}.

PROTOCOLO DE IMAGEN EN EL SEGUIMIENTO

En la actualidad, no existe ningún protocolo recomendado por las sociedades de traumatología y ortopedia ni radiología, por lo que cada centro, dependiendo del tipo de injerto y las condiciones de cada paciente, sigue sus propios esquemas de trabajo. En nuestro centro, los seguimientos de imagen de los pacientes con injertos óseos consisten en una radiografía simple cada tres meses el primer año y cada seis el segundo. Se realiza gammagrafía solamente cuando existe sospecha de pseudoartrosis o infección. En la infección se realiza inicialmente gammagrafía ósea y, en caso de apariencia patológica, se complementa con gammagrafía con Ga⁶⁷, y se valoran las discordancias entre ambos estudios. La RM tiene su indicación en casos en que se sospeche recidiva tumoral o infección, y el empleo de contraste depende del criterio del radiólogo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Horowitz SM, Glasser D, Healey JH, Lane JM. Prosthetic and extremity survivorship in limb salvage. How long do the reconstructions last? Clin Orthop 1993;293:280-6.
2. Brien EW, Terek RM, Healey JH, Lane JM. Allograft reconstruction after proximal tibial resection for bone tumors. An analysis of function and outcome comparing allograft and prosthetic reconstructions. Clin Orthop 1994;303:116-27.
3. Lietman SA, Tomford WW, Gebhardt MC, Springfield DS, Mankin HJ. Complications of irradiated allografts in orthopaedic tumor surgery. Clin Orthop Rel Res 2000;375:214-7.
4. Mankin HJ, Gebhardt MC, Jennings LC, Springfield DS, Tomford WW. Long term results of allograft replacement in the management of bone tumors. Clin Orthop Rel Res 1996;324:86-97.
5. Cañadell J, San Julián M. Treatment of malignant bone tumors in children and adolescents. En: Cañadell J, San Julián M, Cara JA, editors. Surgical treatment of malignant bone tumors. The experience at the University clinic of Navarra. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra, 1995; p. 85-96.

TABLA 1

SIGNOS RADIOLÓGICOS DE EVOLUCIÓN NO FAVORABLE DEL INJERTO

Signos de inestabilidad
 Angulación de fragmentos
 Fractura del material de fijación
 Zonas lucentes en los extremos del enclavado intramedular
 Aumento de la distancia entre placa de fijación y hueso huésped
 Fractura del injerto
 Ausencia de consolidación a los 12 meses
 Infección/recurrencia
 Zonas de lisis
 Alteración de la textura ósea

6. Ennekin WF, Mindell ER. Observations on massive retrieved human allografts. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:1123-42.
7. Ennekin WF, Campanacci DA. Retrieved human allografts: a clinico-pathological study. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A:971-86.
8. Stevenson S, Horowitz M. Current concepts review: the response to bone allografts. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:939-50.
9. Ortiz-Cruz E, Gebhardt MC, Jennings LC, et al. The results of transplantations of intercalary allografts after resection of tumors. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:97-106.
10. Roebuck DJ, Griffith JF, Kumta SM, Leung PC, Metreweli C. Imaging following allograft reconstruction in children with malignant bone tumours. *Pediatr Radiol* 1999;29:785-93.
11. San-Julían M, Canadell J. Fractures of allografts used in limb preserving operations. *Int Orthop* 1998;22:32-6.
12. Griffiths HJ, Anderson JR, Thompson RC, Amundson P, Detlie T. Radiographic evaluation of the complications of long bone allografts. *Skeletal Radiol* 1995;24:283-6.
13. Donati D, Di Liddo M, Zavatta M, Manfrini M, Bacci G, Picci P, et al. Massive bone allograft reconstruction in high-grade osteosarcoma. *Clin Orthop Rel Res* 2000;377:186-94.
14. Kattapuram SV, Phillips WC, Mankin HJ. Intercalary bone allografts: radiographics evaluation. *Radiology* 1989;170:137-41.
15. Sorger JI, Hornicek FJ, Zavatta M, Menzner JP, Gebhardt MC, Tomford WW, et al. Allograft fractures revisited. *Clin Orthop Rel Res* 2001;382:66-74.
16. Hornicek FJ, Gebhardt MC, Tomford WW, Sorger JI, Zavatta M, Menzner JP, et al. Factors affecting non-union of the allograft-host junction. *Clin Orthop Rel Res* 2001;382:87-98.
17. Thompson RC, Garg A, Clohisy DR, Cheng EY. Fractures in large segment allografts. *Clin Orthop Rel Res* 2000;370:227-35.
18. Vander Griend RA. The effect of internal fixation on the healing of large allografts. *J Bone Joint Surg* 1994;67:657-63.
19. Goldwein JW. Effects of radiation therapy on skeletal growth in childhood. *Clin Orthop* 1991;262:101-7.
20. Dick HM, Malinin TI, Mnaymneh WA. Massive allograft implantation following radical resection of high-grade tumors requiring adjuvant chemotherapy treatment. *Clin Orthop* 1985;197:88-95.
21. Patel SR, Miller PR, Gross M, Ryan J. Massive bone allograft for limb salvage. *AJR Am J Roentgenol* 1997;168:543-6.
22. Aro HT, Aho AJ. Clinical use of bone allografts. *Ann Med* 1993;25:403-12.
23. Berrey BH, Lord CF, Gebhardt MC, Mankin HJ. Fractures of allografts. Frequency, treatment, and end-results. *J Bone Joint Surg* 1990;72:825-33.
24. Alman BA, De Bari A, Krajchich JJ. Massive allografts in the treatment of osteosarcoma and Ewing sarcoma in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 1995;77:54-64.
25. Clohisy DR, Mankin HJ. Osteoarticular allografts for reconstructions after resection of a musculoskeletal tumor in the proximal end of the tibia. *J Bone Joint Surg* 1994;76:549-54.
26. Lord CF, Gebhardt MC, Tomford WW, Mankin HJ. Infection in bone allografts: incidence, nature and treatment. *J Bone Joint Surg [Am]* 1988;70:368-76.
27. Hoeffner EG, Ryan JR, Qureshi F, Soulen RL. Magnetic resonance imaging of massive bone allografts with histologic correlation. *Skeletal Radiol* 1996;25:165-70.
28. Kattapuram SV, Rosol MS, Rosenthal DI, Palmer WE, Mankin HJ. Magnetic resonance imaging features of allografts. *Skeletal Radiol* 1999;28:383-9.