

# Los aloinjertos óseos en Cirugía Ortopédica y Traumatología (II)

---

## *Bone allografts in Orthopedic Surgery*

Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica.  
Hospital Nacional de Parapléjicos.  
Toledo.

Vicario Espinosa C.

### RESUMEN

En la primera parte de esta revisión se describieron algunos de los aspectos básicos del empleo de los aloinjertos óseos en Cirugía Ortopédica y Traumatología.

En esta segunda parte se hará un repaso de los fenómenos y mecanismos de incorporación de los aloinjertos óseos.

Posteriormente se desarrollan las principales indicaciones y utilidades clínicas de los aloinjertos óseos en diversas patologías del aparato locomotor.

**Palabras clave:** Aloinjerto óseo, sustituto óseo.

Vicario Espinosa C.  
Los aloinjertos óseos en Cirugía Ortopédica y Traumatología (II)  
*Patología del Aparato Locomotor*, 2004; 2 (4): 263-287

### ABSTRACT

In the first part of this review a description of some basic aspects about the employment of bone allografts in Orthopedic surgery was undertaken.

In this second part, mechanisms and biological phenomena involved in bone allograft incorporation are described.

Finally, present clinical indications for the use of bone allografts in orthopedic surgery are described and discussed.

**Key words:** Bone allograft, bone substitute.

Vicario Espinosa C.  
Bone allografts in Orthopedic Surgery (II)  
*Patología del Aparato Locomotor*, 2004; 2 (4): 263-287

---

### Correspondencia:

C. Vicario Espinosa  
Hospital Nacional de Parapléjicos  
Toledo  
E-mail: cvicario@iespana.es

---

### Incorporación de los aloinjertos

Es evidente que el aspecto fundamental del empleo de cualquier sustituto óseo, y por extensión de cualquier aloinjerto, es la incorporación del mismo al huésped.

Burchardt definió la incorporación del injerto óseo como el proceso de envoltura de un complejo de hueso necrótico viejo con un hueso nuevo viable (1). El proceso de invasión por tejido nuevo a lo largo de los canales creados por la invasión de vasos sanguíneos o a lo largo de canales preexistentes en el hueso transplantado fue inicialmente denominado «Schleichender ersatz» por Auxhausen, posteriormente este término alemán fue sustituido en la literatura anglosajona por el de «creeping substitution» para describir este proceso dinámico de reconstrucción y consolidación (2, 3), y que nosotros traduciremos por «sustitución por invasión». Es razonable afirmar que el proceso de vascularización del aloinjerto

es un aspecto clave para su incorporación, en este sentido, parece existir una cierta evidencia de que el aloinjerto favorece su propia vascularización (4-6). Se ha podido demostrar este proceso de revascularización mediante Tomografía de Emisión de Positrones (PET) (7), determinándose que el flujo sanguíneo alrededor del aloinjerto es máximo en los primeros 8 días, disminuye alrededor del cuarto mes y al año aproximadamente se normaliza. Sin embargo la remodelación posterior del aloinjerto es un proceso mucho más lento y menos conocido, aunque se ha podido demostrar mediante estudios gammagráficos que puede durar incluso más de 4 años (8).

De todos modos, los criterios de incorporación de un aloinjerto van a depender también del tipo de injerto y de su función; por ejemplo para un injerto segmentario, podemos decir que está consolidado si la zona de unión huésped-injerto aparece unida y hay tolerancia a la carga de peso sin fractura o dolor (9) (Fig. 1), criterios



**Fig. 1.** Aloinjerto intercalar sintetizado tras resección de sarcoma sinovial de rodilla sintetizado con clavo endomedular y placas en sus extremos. Aspecto al año de evolución (c y d).

que evidentemente no son aplicables a los aloinjertos de esponjosa. Pero en cualquier caso todos ellos comparten una serie de fenómenos que provocan su consolidación y que siguen un patrón cronológico similar, como veremos a continuación.

#### *Fases de la incorporación de los aloinjertos óseos*

Pueden dividirse en 2 fases: una temprana, en la que los distintos factores compiten abriéndose camino para obtener el estado de competencia del hueso; y una tardía en la que se consigue la incorporación final y definitiva del injerto (6, 10).

##### *a) Fase Temprana*

Comienza con un periodo inespecífico de predominio inflamatorio y/o inmune provocado por la presencia del propio injerto. Durante la respuesta inflamatoria se produce *primero* un hematoma con liberación de citoquinas y factores de crecimiento, *segundo*, una inflamación, migración, proliferación de células mesenquimales (precursoras de osteoblastos), y el desarrollo de un tejido fibrovascular alrededor del injerto (11).

El siguiente paso es de predominio osteogénico, para que a continuación se produzca una fase de remodelado óseo. *Primero* se produce la invasión de vasos en el injerto, sobre todo a través de los canales Haversianos y de Volkmann existentes (en el caso del hueso trabecular), y la infiltración de precursores óseos por los cavernáculos del injerto (este fenómeno de revascularización se produce en los 2 días siguientes a la implantación) (11). *Segundo*, se produce la resorción osteoclástica focal de las superficies del injerto, de ahí que en la primera semana de contacto del aloinjerto con los osteoblastos se produzca una activación osteoclástica traducida en un aumento de la liberación de interleucina 6 (IL-6) y una reducción de la formación de osteoprotegerina (5, 6). Y *tercero*, tiene lugar la formación de hueso intramembranoso y/o endocral en la superficie del injerto (1, 10, 12, 13).

La acción destructora de hueso por parte de los osteoclastos aumenta la accesibilidad al hueso, necesaria para la neoformación ósea a partir de precursores osteoblásticos, y para pro-

seguir la infiltración de vasos a través del injerto. Esta fase es dominada por una resorción activa y formación de hueso a través del injerto (1, 10, 12, 13).

##### *b) Fase Tardía*

Se caracteriza por la osteoconducción y por una sustitución progresiva del hueso viejo y necrosado por nuevo y funcional(1). Como decíamos anteriormente, este proceso se ha denominado de diversas maneras: *Schleichender ersatz*, *creeping substitution* o sustitución por invasión (2, 3). Esta fase de remodelado e integración del injerto en una estructura con capacidad de soporte mecánico generalmente se completa entre los 6 meses y un año después de la implantación del aloinjerto (1, 10, 12, 13).

Ha de tenerse en cuenta que el ambiente mecánico tiene un profundo efecto sobre la revascularización y diferenciación celular (12). Por otro lado, la incorporación del aloinjerto implica su revascularización (leyes de Wolff (14)), si el injerto se revasculariza en un orden apropiado, se conseguiría el balance resorción-formación, que es lo deseable.

Existen numerosos estudios acerca de la incorporación de los aloinjertos, e intentaremos agruparlos bajo 3 aspectos: en primer lugar, los estudios clínicos, junto a los que analizaremos algunos de los factores controlables por el cirujano que influyen en la incorporación; en segundo lugar, los estudios radiológicos; y por último los estudios histológicos de incorporación.

#### *Estudios clínicos*

El primer estudio clínico a largo plazo sobre el uso de aloinjertos fue el publicado por Parrish (15) en 1973 en el que demostró que los aloinjertos eran al menos parcialmente sustituidos e incorporados por el huésped y que las articulaciones podían ser conservadas al menos durante 20 años. En 1983 Mankin y cols (16) publicaron su experiencia durante 10 años sobre 150 aloinjertos empleados mayoritariamente tras resecciones tumorales. A más de 2 años de evolución el 70% de los casos fueron catalogados como excelentes o buenos, siendo las complicaciones más frecuentes la fractura (16,5%), la

infección (13,2%), y el retraso de consolidación o pseudoartrosis (11%).

Numerosos estudios se han publicado posteriormente sobre el empleo de los aloinjertos en los diversos tipos de patologías expuestas anteriormente (17-29), y se puede afirmar en líneas generales que el 70-80% de los pacientes evoluciona satisfactoriamente, las complicaciones más frecuentes son la infección, la fractura, en los casos de tumores la recidiva, y la pseudoartrosis. Todas estas posibles complicaciones se asocian entre sí en más del 80% de las ocasiones y en un muy elevado porcentaje ocurren durante el primer año.

Hornicek y cols (30) han revisado 163 pseudoartrosis (definida como la falta de unión injerto-huésped en el primer año) en pacientes que fueron tratados con aloinjertos después de lesiones tumorales (17,3% del total) durante 23 años. El orden de mayor a menor riesgo de padecer pseudoartrosis según el tipo de injerto fue: aloartrodesis, aloinjertos intercalares, aloinjertos osteoarticulares y complejos aloinjerto-prótesis. Otros factores que elevaron la incidencia de pseudoartrosis fueron la quimioterapia (27%), la infección, la fractura y las reintervenciones.

Por otro lado, Van der Griend (31) ha estudiado el efecto de la fijación interna sobre la consolidación de los grandes aloinjertos, no encontró diferencias significativas cuando se emplearon placas o sistemas intramedulares, aunque con el uso de placas las fracturas fueron más frecuentes. Uno de los principales factores pronósticos fue la estabilidad conseguida con la fijación, por ejemplo la diástasis mayor de 3mm se asocia con una menor tasa de consolidaciones. Las uniones diafisarias consolidaron más tarde (media de 9 meses) que las metafisarias (6 meses).

Otros factores que afectan a la incorporación de los aloinjertos dependen de las propias características físicas del mismo, así por ejemplo Delloye y cols (32) han demostrado recientemente que las perforaciones en la cortical de los aloinjertos favorecían la incorporación del mismo cuando se comparaba con los injertos no perforados.

Algunos autores han publicado resultados alentadores en cuanto a la consolidación de aloinjertos masivos empleando colgajos de periostio del huésped telescopados en el injerto en

casos de grandes resecciones tumorales en niños, consiguiéndose la consolidación en una media de 16 semanas en 8 de 9 casos (33), aunque existen otras líneas de investigación prometedoras como la adición de sustancias osteoinductoras como la BMP-2 (34), o la adición de un autoinjerto de peroné vascularizado (35).

En cualquier caso, la incorporación de un aloinjerto continúa siendo un proceso impredecible, y es el injerto más frecuentemente usado en la clínica: el congelado sin concordancia antigénica, el menos predecible en cuanto a su incorporación; sin embargo algunos factores podrían ayudar a superar este problema, como la adición o eliminación de células, e indirectamente de citoquinas (36) o de otros factores favorecedores de la neoformación ósea (11, 37), incluyendo la posibilidad de añadir un autoinjerto vascularizado (35).

### *Estudios radiológicos*

El segundo escalón en cuanto a la evidencia sobre el modo de incorporación de los aloinjertos nos lo proporcionan los diversos estudios radiológicos que acerca de este fenómeno han sido publicados.

#### a) Radiología convencional

El *International Symposium on Limb Salvage (ISOLS)* ha clasificado los criterios de unión aloinjerto-hueso como: excelente (línea de unión no visible), buena (unión > 75% con línea de unión todavía visible), aceptable (unión entre 25-75%) y pobre (no evidencia de callo o unión < 25%) (38, 39). La mayor parte de estudios que en la actualidad hacen referencia a la evidencia radiológica de incorporación de los aloinjertos emplean este sistema.

Radiológicamente se pueden distinguir dos tipos de callo en las uniones injerto-huésped: el callo externo y el interno. El callo externo deriva exclusivamente del periostio del hueso del huésped en la unión entre las corticales del injerto y del huésped, se extiende hasta un centímetro o más en el propio injerto, donde disminuye de diámetro hasta el del original del aloinjerto. No parece que exista la posibilidad de que el callo externo se forme desde ambos

extremos óseos y se una en el medio (40); por su parte, el callo interno, que también deriva del hueso del huésped, se forma en la zona de unión entre las esponjosas (41), y radiológicamente se evidencia como una zona de mayor densidad radiológica que avanza dentro del injerto esponjoso sin que sea habitual la presencia de líneas de separación radiolúcidas (40). La unión entre el injerto y el huésped se puede definir que ocurre cuando se forman puentes trabeculares y no existen líneas radiolúcidas entre las corticales de los huesos (3, 42).

En un estudio radiológico de incorporación de aloinjertos masivos (38), San Julián y cols han visto como las osteotomías metafisarias consolidaron en una media de 6,5 meses con medios de fijación mínimos y sin relación con otros factores, mientras que las osteotomías diafisarias consolidaron en una media de 16 meses viéndose esta cifra significativamente empeorada con el empleo de quimioterapia, radioterapia y con la edad. Estos datos concuerdan con las cifras publicadas por otros autores y que analizaremos en próximos capítulos (17-29, 31, 43).

Un aspecto que en ocasiones se aprecia en la evolución de los aloinjertos es la resorción del mismo, este es un proceso evolutivo tras la colocación del aloinjerto y que debería ser compensado con los procesos de neoformación ósea, sin embargo si la resorción prevalece, se puede producir la fractura del aloinjerto (42). En algunos trabajos se ha demostrado que esta resorción puede estar mediada por una reacción a cuerpo extraño y puede ser limitada o controlada con el uso de quimioterapia (44).

Es en la cirugía de revisión de cadera donde la resorción de los aloinjertos puede tener una mayor relevancia clínica. Así en cirugía de revisión del componente acetabular se define como una resorción menor la que afecta a un tercio del aloinjerto; moderada entre un tercio y la mitad del aloinjerto reabsorbido; y severa cuando se reabsorbe más de la mitad del aloinjerto (45). Dependiendo de las diversas técnicas empleadas se han recogido tasas de resorciones severas entre el 8 y el 30% (46-50).

Los fenómenos de resorción del aloinjerto también pueden ocurrir en las cirugías de intercambio de componentes femorales. Esta resorción ha sido clasificada como leve cuando no afecta a todo el grosor del injerto y es menor de

1 cm de longitud; como moderada cuando es mayor o igual a 1 cm pero tampoco afecta a todo el grosor del injerto; y como severa cuando en algún punto se observa resorción de todo el grosor del injerto (51). A largo plazo se han publicado tasas de resorción de hasta el 33%, pero sólo en un 5% es clasificada como moderada y en un 3% como severa (50, 51), siendo más común en las zonas 7 y 2 de Grün (52) respectivamente.

#### b) TAC

Aunque no sea una técnica habitualmente empleada, el TAC ha demostrado ser útil en la determinación del estado de consolidación en artrodesis cervicales en las que se ha empleado como injerto intersomático de peroné (53)

#### c) Resonancia magnética nuclear

Además de los estudios de radiología convencional, otros han abordado el problema de la incorporación de los aloinjertos con otros tipos de tecnología.

Dentro de las complicaciones más frecuentes de los aloinjertos dos de ellas pueden ser diagnosticadas mediante radiología simple: la pseudoartrosis y la fractura; sin embargo la infección y la recurrencia local de los tumores no son tan fáciles de diagnosticar mediante radiología simple. La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) ha demostrado ser un método eficaz para detectar cambios de origen metastásico y tumoral en la médula ósea del hueso nativo (54-57), y por ello en algunos estudios ha sido empleada en la evolución de los aloinjertos utilizados en el tratamiento de tumores óseos. Los hallazgos descritos en la literatura muestran que en la unión aloinjerto-huésped habitualmente hay intensos artefactos provocados por la presencia de los medios de fijación, por lo que es poco valorable; sin embargo en el resto de áreas se puede observar un patrón difuso y moteado de pequeñas áreas de baja señal sobre un fondo de señal de alta intensidad en secuencias de potenciación de spin en T1, interpretadas como derivadas de la propia revascularización del injerto y que no deben ser confundidas con complicaciones del tipo infección o recurrencia, las cuales ocurren

fuera de la médula del aloinjerto (58, 59). Más recientemente se han descrito los cambios evolutivos que se producen en las imágenes de RMN con el paso del tiempo (60) de este modo, a los 3-4 meses se puede observar una fina línea de tejido perióstico y endóstico a lo largo del margen del aloinjerto, que parece incrementarse de forma gradual hasta llegar a estabilizarse a los 2-3 años postquirúrgicos. A partir de ese momento el refuerzo endóstico disminuye, llegando a ser mínimo a los 6-8 años. Además se puede observar una señal no homogénea en la médula (Baja intensidad en T1 y brillante en T2).

### *Estudios histológicos*

Se han publicado numerosos trabajos que han estudiado desde el punto de vista histológico los fenómenos de incorporación de los aloinjertos. Uno de los primeros es el de Kandel y cols (61) que estudiaron 3 aloinjertos retirados por infección en los que el aloinjerto parecía comportarse como un soporte con poca actividad osteoinductiva. También a finales de los 80 fueron descritos los aspectos histológicos del rechazo agudo de los aloinjertos vascularizados (62). Posteriormente se publicaron algunos estudios histológicos que demostraban la incorporación de aloinjertos en bloque tras resecciones tumorales (40, 43, 63), y que la no incorporación del mismo podría relacionarse con la desimplantación del componente acetabular en artroplastias de revisión (64); otros estudios demostraban la incorporación y la remodelación de aloinjertos triturados en el fémur tras cirugías de revisión protésica de cadera (65, 66), la adecuada incorporación de aloinjertos corticales en cirugía de revisión protésica de cadera (67), etc. Bauer y cols (12) demostraron que la unión entre corticales ocurre gracias a la neoformación ósea intramembranosa desde el periostio reconstituido. Por otro lado, se ha visto que se produce una sustitución ósea del aloinjerto aprovechando los canales óseos del injerto proximal y distalmente a la vez que penetran numerosos vasos desde las partes blandas hacia el aloinjerto. Este proceso no parece estar influenciado por la histocompatibilidad (38)

Recientemente se ha demostrado que las perforaciones del aloinjerto cortical mejoran sus-

tancialmente la cantidad de hueso neoformado (32). Estas perforaciones crean canales que aumentan la superficie de contacto entre el injerto y el huésped y que favorecen la vascularización del injerto (68), aunque su eficacia clínica aún no ha sido demostrada (69-71).

Enneking y cols. (72) han publicado la que probablemente sea la revisión más completa de estudios histológicos en aloinjertos implantados previamente a seres humanos y que por diversos motivos han sido extirpados para su estudio. Para ello realizaron un estudio clínico, radiológico e histológico de 73 aloinjertos preservados e implantados durante una media de 29 meses (mínimo 2; máximo 156). 42 (58%) fueron retirados por complicaciones del injerto, 24 (33%) por causas del propio tumor (recidiva local o muerte por metástasis pulmonares). 54 (74%) fueron retirados durante el primer año tras su implantación. Detallaremos a continuación algunas de las conclusiones más importantes de este estudio y que pueden ser extrapoladas a muchas otras circunstancias, y que como es natural dependen, entre otras cosas, del tipo de aloinjerto empleado y su relación con el hueso del huésped:

- *Uniones cortical-cortical (44 casos)*. En ningún de estos casos se apreció que el avance del callo se produjese desde el injerto (40). El intervalo de la zona de osteotomía inicialmente se rellena de tejido fibrovascular proveniente de los tejidos vecinos. Durante los primeros 4 meses este tejido es sustituido por trabéculas que progresivamente maduran a hueso haversiano dentro del primer año. Se puede ver una línea radioluciente en la zona de unión hueso huésped hasta que ese espacio se rellena por hueso haversiano, aunque antes pueda estar relleno por trabéculas lamelares maduras que unen eficazmente ambas corticales. Los canales haversianos en la zona de unión se orientan perpendiculares al eje mayor del hueso largo; esta orientación, que es contraria a las líneas de carga, se mantiene incluso al cabo de 11 años, y se interpreta como el resultado de la invasión inicial de vasos desde la periferia.

En 6 casos de unión cortical-cortical el aloinjerto fue retirado por pseudoartrosis y

en otro caso se pudo comprobar su existencia en un paciente que sufrió una recidiva local. En todos ellos se observó una cantidad variable de callo externo que fracasaba en el fortalecimiento del aloinjerto por la interposición de un envoltorio de tejido fibrovascular que rellena el intervalo y el extremo final del aloinjerto.

En 3 de estos pacientes el injerto se retiró por infección y se pudo comprobar que la zona del intervalo estaba rellena de tejido inflamatorio a la vez que era demostrable una intensa reacción osteoclástica en el extremo del aloinjerto.

En 8 de 10 pacientes sometidos a autoinjerto adicional se produjo una neoformación de hueso uniendo el autoinjerto al aloinjerto incluso antes de transcurridos 6 meses desde su implantación. Además se produjo una reparación interna más intensa en la cortical del aloinjerto en contacto con el autoinjerto que en la que no se dio esta circunstancia. Algo similar ocurrió en los 6 casos en que se empleó autoinjerto vascularizado de peroné adicional, aunque incluso con mayor extensión de la reparación..

- *Unión esponjosa-esponjosa.* Este tipo de uniones tuvo lugar uniformemente y se pudo demostrar tan precozmente como a los 4 meses. La combinación de hueso nuevo incluyendo a las trabéculas del aloinjerto produjo unas nuevas trabéculas sustancialmente engrosadas, lo cual se manifestaba radiológicamente como una estrecha banda de mayor densidad radiológica en la unión huésped-aloinjerto. En zonas un poco más profundas se encontraba una región en la que se mantenía la arquitectura original del aloinjerto cuyos espacios medulares aparecían rellenos de tejido denso fibroso e hipovascular que parecía bloquear la penetración más profunda del tejido fibrovascular reparativo. Más en profundidad las trabéculas del aloinjerto estaban conservadas pero los espacios medulares estaban rellenos de remanentes acelulares de médula grasa, situación que pudo comprobarse incluso después de varios años. En cualquier caso, la reparación interna comenzó con la invasión de la superficie

de los canales de Volkmann y haversianos por un tejido fibrovascular que dilata los canales haversianos debido a la resorción osteoclástica y después eran reconstruidos con nuevo hueso apuesto. El patrón de esta revascularización era aleatorio y su ritmo lento, raramente excedía unos pocos milímetros por año.

Ocho piezas fueron extirpadas por la resorción de porciones significativas del aloinjerto, en ellas el injerto aparecía rodeado por un tejido de células inflamatorias crónicas, histiocitos, y células gigantes de cuerpo extraño en el seno de una proliferación de células mesenquimales. La matriz acelular sufría una activa resorción osteoclástica. No se pudieron apreciar signos de revascularización o de reparación interna. Estos hallazgos sugerían fuertemente la mediación de un mecanismo inmunológico en el caso de los injertos reabsorbidos.

### Indicaciones clínicas de los aloinjertos

En la actualidad existen 4 grandes grupos de indicaciones para el empleo de aloinjertos óseos en cirugía ortopédica y traumatología: La reconstrucción de defectos óseos tras resecciones tumorales, la reparación de defectos óseos en cirugía de recambio protésico, especialmente en cadera y rodilla, la realización de artrodesis vertebrales, y por último las indicaciones en traumatología, ya sea en fracturas agudas como en la cirugía de sus complicaciones, como la pseudoartrosis.

Con diferencia la causa más frecuente de su uso es la cirugía reconstructiva tumoral (58% de los aloinjertos musculoesqueléticos (73)), aunque en la actualidad la necesidad de injerto en cirugía de rescate protésico aumenta de manera significativa según aumenta la necesidad de este tipo de intervenciones.

#### *Aloinjertos en cirugía tumoral*

Debido a las importantes mejoras en el tratamiento de los tumores óseos, especialmente en los de características malignas, en la actualidad la cirugía de salvamento del miembro afecto se

considera como el estándar del tratamiento, y por tanto son precisas diversas y complejas técnicas reconstructivas que en muchas ocasiones requieren el empleo de aloinjertos óseos (74-76).

El aloinjerto en cirugía tumoral puede ser estructural o no.

#### a) Aloinjertos no estructurales

El empleo de pequeños fragmentos de hueso cortical o corticoesponjoso es común en el manejo de lesiones que simulan tumores (quiste óseo unicameral o aneurismático), de neoplasias benignas (condroblastoma, tumor de células gigantes) y en ocasiones de lesiones de bajo grado de malignidad (condrosarcomas de grado I) (76). Su uso ha sido igual de eficaz que el autoinjerto para lesiones benignas menores de 60 cm<sup>3</sup> en niños (77).

Se han desarrollado diversas técnicas para mejorar la eficacia de los aloinjertos óseos no estructurales en defectos más grandes, como la mezcla empírica con autoinjerto o matriz ósea desmineralizada (74), que no han sido evaluados con estudios a medio-largo plazo. En otras ocasiones se ha visto que sus resultados pueden mejorarse con la adición de fragmentos corticales apuestos (78). También en el caso de lesiones de bajo grado de malignidad (sarcomas parostales de bajo grado, condrosarcomas periféricos, etc) se han realizado con éxito extirpaciones hemicorticales con la sustitución posterior del defecto por un aloinjerto hemicortical apuesto (79).

#### b) Aloinjertos estructurales

Se usan para puentear defectos óseos tras grandes resecciones, y podemos distinguir 3 tipos: aloinjertos osteoarticulares, aloinjertos intercalares y compuestos aloinjerto-prótesis, aunque dependiendo de la zona anatómica a tratar las indicaciones pueden solaparse, por ejemplo en el extremo proximal del fémur. En una serie de 137 tumores de esta región (80) se realizaron 69 reconstrucciones con compuesto aloinjerto-prótesis, 33 aloinjertos osteocondrales, 22 intercalares y 8 artrodesis con aloinjerto.

*Aloinjertos osteocondrales:* Un aloinjerto osteocondral hemicondilar se emplea habitual-

mente tras la resección de un tumor benigno, como puede ser un tumor de células gigantes en la rodilla. Requiere una técnica cuidadosa, con un correcto ajuste articular y la restauración del eje anatómico del miembro (76, 81).

Por su parte, los aloinjertos osteoarticulares condilares totales se emplean tras la resección de uno de los lados de una articulación tras la resección de un tumor intrarticular que habitualmente es maligno. Una de sus grandes ventajas es la posibilidad de la artroplastia en articulaciones en las que no hay disponibles buenas alternativas protésicas como el húmero distal, el radio distal o la tibia distal (74). Como sucede, para los injertos hemicondilares la técnica quirúrgica es muy exigente, y con frecuencia es preciso el empleo de fijaciones rígidas. En la literatura se han publicado buenos resultados tras el empleo de este tipo de injertos entre el 53% y el 73%, con tasas de conservación del miembro de alrededor del 90% (25, 75, 82-85). Los factores relacionados con un peor pronóstico han sido el empleo de quimioterapia (25), o la localización en el húmero proximal (84, 85). El empleo de aloinjertos osteocondrales de tercio distal de radio es poco frecuente, y habitualmente tras la resección de tumores de células gigantes (86), y en algunos casos se han publicado buenos resultados a largo plazo (87).

En cualquier caso la posibilidad de emplear aloinjertos osteocondrales abre un amplio abanico de posibilidades aún por desarrollar completamente como por ejemplo la sustitución articular completa del hombro por un aloinjerto osteocondral acetabular (88) y que tras las primeras experiencias proporciona unos resultados alentadores en casos seleccionados; o la sustitución con éxito de una falange afecta por un condrosarcoma por un aloinjerto osteocondral (89).

*Aloinjertos intercalares:* Se emplean tras la resección de tumores diafisarios o metafisarios y no tienen las potenciales complicaciones de los osteoarticulares como la degeneración cartilaginosa, el colapso articular o la inestabilidad. Casi siempre precisan fijaciones rígidas ya sea con placas atornilladas, clavos intramedulares o ambos (Fig. 1); aunque por ejemplo en el caso de resecciones diafisarias de tibia se han descrito otras tácticas exitosas como la centralización del peroné junto a la adición de autoinjerto de cresta ilíaca (90).

La mayor parte de series publican resultados satisfactorios por encima del 80%, con tasas de conservación del miembro superiores al 90% (91-93), aunque otros estudios publican tasas sensiblemente menores de éxitos, de alrededor del 60% (94). Con el fin de mejorar estos resultados, en la actualidad se están desarrollando diversas estrategias, por ejemplo se ha publicado que la adición de cemento intramedular a la pieza intercalada puede mejorar el resultado de este tipo de aloinjertos mediante la reducción del riesgo de fractura (95), o que la tasa y velocidad de consolidación pueden incrementarse mediante la adición de un autoinjerto vascularizado de peroné (96)

La artrodesis intercalar con aloinjertos es en la actualidad es una técnica poco usada, y sus indicaciones están limitadas a la reconstrucción tras resección de tumores en la cadera, hombro o muñeca. Mankin y cols (75, 80) han publicado buenos o excelente resultados en el 54%; mientras que Weiner y cols (97) comunican una tasa de buenos resultados en el 82% de sus pacientes.

*Compuestos aloinjerto-prótesis:* Este tipo de injertos se ha empleado tras la resección de tumores alrededor de la rodilla, o del extremo proximal del húmero porque presentan varias ventajas teóricas frente a otras opciones de reconstrucción, como son la recuperación de masa ósea, la posibilidad de reinserción tendinosa y la modularidad de las prótesis sin que exista la posibilidad de colapso articular como sucede cuando se emplean injertos osteocondrales (74).

Habitualmente la fijación del compuesto prótesis-aloinjerto es uno de los puntos débiles en este tipo de técnicas y se puede conseguir mediante ajuste a presión o mediante cementación en una prótesis de vástago largo. Probablemente la mejor forma de fijación entre la prótesis y el aloinjerto sea la cementación (74, 98); mientras que la unión entre el aloinjerto y el huésped normalmente se consigue mediante placas y tornillos.

En cuanto a sus resultados clínicos, Mankin y cols en la serie más larga publicada recogen un 78% de buenos y excelentes resultados según su propia escala (75). Por su parte, Anract y cols encontraron mejores resultados en los pacientes que trataron con compuestos prótesis-aloinjerto que en aquellos tratados mediante megaprótesis

de extremo proximal de fémur en términos de funcionalidad y supervivencia del implante (99). Sin embargo, Zehr y cols en su serie encontraron que los pacientes tratados con compuestos prótesis-aloinjerto presentaron una mayor tasa de infecciones; mientras que los tratados con megapótesis sufrían más frecuentemente una inestabilidad del implante (100).

Un caso especial entre los aloinjertos estructurales lo constituyen los *aloinjertos pélvicos*, que pueden tener indicación en la reconstrucción de sarcomas periacetabulares junto al empleo de una prótesis total cementada. Esta técnica se ha asociado con una tasa muy alta de complicaciones y probablemente su empleo debería limitarse a la reconstrucción después de una resección que mantenga el máximo de hueso nativo que proporcione apoyo al aloinjerto (101-105). En la serie publicada con mayor seguimiento, sobre 13 pacientes seguidos una media de 14 años, 8 fueron catalogados como buenos o excelentes resultados funcionales (106). Recientemente se ha publicado un caso de un sarcoma de Ewing en una niña de 4 años tratado mediante quimioterapia y aloinjerto osteocondral de hemipelvis con buen resultado a los 2 años (107).

Una problemática similar a la de los aloinjertos pélvicos, aunque sin la dificultad de tratarse de una articulación de carga, sucede con los tumores malignos de escápula, cuya reconstrucción tras grandes resecciones con aloinjertos, en las cortas series publicadas han proporcionado resultados satisfactorios (108).

Por otro lado, se ha descrito el empleo de aloinjertos estructurales en algunos casos de reconstrucciones complejas tras grandes resecciones, como el empleo en 5 pacientes de un aloinjerto completo de húmero con sustitución proximal por una prótesis y reconstrucción osteocondral distal (109).

### c) Complicaciones

En general, la principal crítica que se hace al empleo de aloinjertos en las técnicas de reconstrucción tras resecciones tumorales es la alta tasa de complicaciones publicada. Del estudio de Mankin y cols (75), sobre 718 aloinjertos, 156 fracasaron por fractura (19%), pseudoartrosis

(17%) , infección (11%) o inestabilidad (6%) principalmente durante los 3 primeros años. Analizaremos algunos aspectos importantes sobre cada una de estas complicaciones descritas.

*Pseudoartrosis:* Se considera que un aloinjerto está en pseudoartrosis cuando no se observan signos de consolidación un año después de su implantación, aunque las uniones metafisarias consolidan antes que las diafisarias (6 y 9 meses respectivamente). La tasa de pseudoartrosis de los aloinjertos oscila entre el 11 y el 17% (30, 31, 75). Diversos factores se han relacionado con el desarrollo de esta complicación, aunque lo primero que debe descartarse es la presencia de una infección; entre el resto de factores cabe destacar el empleo de aloinjertos intercalares (30), y sobre todo la utilización de quimioterapia, que puede elevar la tasa de pseudoartrosis hasta el 49% (93).

Independientemente de los tratamientos propuestos cuando se desarrolla una pseudoartrosis, hasta el 30% de los pacientes se verán sometidos a una cirugía de retirada del aloinjerto o de amputación. Por tanto su prevención es de capital importancia y entre los factores que el cirujano puede controlar, cabe destacar la adecuada técnica quirúrgica, debiendo ser especialmente cuidadoso a la hora de conseguir el máximo contacto posible entre la pieza injertada y el huésped y de lograr una fijación rígida y estable, debiéndose en ocasiones añadir autoinjerto a la zona de unión injerto-huésped (31, 74).

*Fractura:* La incidencia publicada de fracturas de aloinjertos oscila entre el 12 y el 20%, ocurriendo la mayoría en los 3 primeros años tras su implantación (110-113). Los factores de riesgo que se han implicado en la aparición de fracturas de los aloinjertos han sido: los trasplantes osteoarticulares y las artrodesis con aloinjerto (112), la radioterapia previa a la implantación (114), la combinación de quimioterapia y fijación con placa (113) y la pseudoartrosis (110-112). El empleo aislado de quimioterapia no se ha asociado con una mayor tasa de fracturas del aloinjerto (112, 113).

La fractura del aloinjerto se asocia a un mal resultado funcional (74, 112), y la forma más eficaz de tratarlas es una adecuada prevención. Se han desarrollado diversas estrategias de profilaxis como es el intento de minimizar el em-

pleo de tornillos diafisarios y sustituirlos por cerclajes alámbricos, aunque de este modo es más frecuente el desarrollo de pseudoartrosis, probablemente por la menor rigidez de la fijación (115); mientras que otros autores han propuesto el empleo de cemento intramedular que presenta la limitación de su uso en aloinjertos osteocondrales (93, 95, 116, 117).

Una técnica desarrollada recientemente y de resultados alentadores cuando ya se ha producido la fractura del aloinjerto es la adición de algún factor que favorezca el proceso de la consolidación ósea, como puede ser la BMP-2 (34, 118) aunque aún no ha pasado de la fase experimental en animales.

*Infección:* Probablemente constituya la complicación más temible del empleo de aloinjertos y puede aparecer entre el 12 y el 15% siendo diagnosticada hasta en el 75% de las ocasiones en los cuatro primeros meses tras su implantación (74, 119, 120). El germen más frecuentemente involucrado ha sido el *Staphylococcus epidermidis* (36% en la serie de Lord y cols) (120). Se han involucrado diversos factores de riesgo para el desarrollo de infección de los aloinjertos, probablemente el más importante sea la alteración local de la herida quirúrgica, lo cual ocurre con frecuencia debido al empleo concomitante de quimio o radioterapia o a la propia agresividad del acto quirúrgico. La contaminación previa de un aloinjerto, aunque descrita es muy poco frecuente (121). Recientemente se han involucrado la obesidad y las transfusiones sanguíneas como factores de riesgo para el desarrollo de infecciones tras el empleo de aloinjertos óseos en patología tumoral (122).

El manejo de la infección de un aloinjerto es complejo, pero hay dos aspectos que deben ser tenidos en cuenta. Primero, que raramente una infección superficial de la herida quirúrgica no afecta al aloinjerto; y segundo, el retraso en la retirada del aloinjerto infectado puede comprometer aún más la salvación del miembro (119, 120). Sin embargo y a pesar de un seguimiento escrupuloso de estos principios, hasta 1/3 de los pacientes deberán ser amputados (119). La positividad de los cultivos durante la implantación de un aloinjerto no debe ser motivo, en principio, para modificar las pautas habituales de profilaxis antibiótica, ya que esta circunstan-

cia no ha demostrado provocar un aumento de la morbilidad al menos en casos de reparación de ligamento cruzado anterior y artrodesis lumbar posterolateral (123, 124).

En cuanto a la profilaxis de esta temible complicación, se recomienda el empleo de antibióticos perioperatorios intravenosos durante 48-72 horas, y de forma empírica, muchos cirujanos recomiendan antibióticos añadir orales durante los 3 meses siguientes a la cirugía (76, 93, 120); por otro lado, además de una cuidadosa técnica quirúrgica, buscando una buena cobertura de partes blandas, puede ser útil el empleo de cemento impregnado de antibióticos para proporcionar altas dosis de antibiótico local y rellenar los espacios muertos; pero este efecto no ha sido aún demostrado (117).

#### *Aloinjertos en cirugía reconstructiva protésica*

El uso de aloinjertos en cirugía protésica primaria está raramente indicado ya que los defectos óseos suelen ser poco importantes; sin embargo, y a pesar de que en el pasado su empleo era controvertido, en la actualidad el uso de aloinjertos en cirugía de revisión protésica, sobre todo en artroplastias de cadera y de rodilla, está ampliamente aceptado(45). En cualquiera de estas situaciones, el uso de aloinjerto óseo persigue la restauración de la masa ósea. Analizaremos por separado alguno de los aspectos importantes en sus diferentes indicaciones dependiendo de la localización.

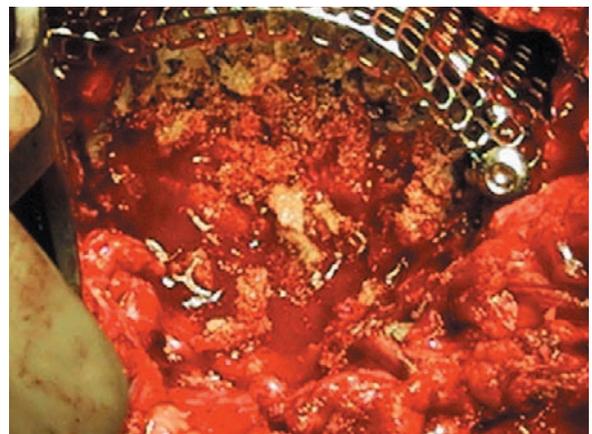
##### a) Cirugía de revisión protésica de cadera

La indicación y el tipo de aloinjerto a emplear ante una pérdida de masa ósea en un recambio protésico de cadera dependen de 2 factores principales: por una lado, si el defecto es acetabular o femoral; y por otro del tipo de defecto existente (45, 125). Se han realizado numerosas clasificaciones de los defectos óseos en la artroplastia de cadera que en muchas ocasiones incluyen indicaciones sobre el tratamiento a realizar. Su descripción y discusión sobrepasa ampliamente las pretensiones de este trabajo, y por ello analizaremos algunos aspectos importantes en cuanto a las indicaciones del empleo de aloinjerto y sus resultados.

En cuanto a los *defectos acetabulares* el aloinjerto debe restaurar en lo posible la masa ósea y proporcionar estabilidad al implante acetabular, y por tanto el tamaño y la localización del mismo van a dictar el tipo de aloinjerto a usar (41, 126-128). Así, por ejemplo, un defecto periférico de cobertura acetabular, o de al menos una de las columnas acetabulares puede ser reconstruido mediante un segmento de cabeza femoral de un donante masculino preferentemente, o con un verdadero aloinjerto acetabular, especialmente si el defecto es mayor del 50% del perímetro (45, 129-131).

Por otro lado, los defectos más pequeños, cavitarios o contenidos, pueden rellenarse de fragmentos de aloinjerto de esponjosa triturado ya sea de origen cortical o esponjoso (45, 50, 132-134) (Fig. 2). En ocasiones el defecto es tan grande que la única opción la constituye la realización de un aloinjerto total acetabular (135). El uso de aloinjertos estructurales de mayor tamaño, incluyendo los trasplantes de hemipelvis tuvo unos resultados iniciales prometedores (135, 136); y recientemente se ha publicado una serie de 20 casos seguidos a una media de 5 años de trasplante de hemipelvis por defectos acetabulares masivos con un 65% de buenos resultados (137). Aún no existen estudios publicados de estos casos a largo plazo.

En todas estas técnicas se han recogido graves complicaciones, como puede ser la fragmentación del injerto, su fracaso mecánico o la reabsorción del mismo. Una combinación que ha dado especialmente malos resultados en cuanto al fracaso del injerto ha sido el uso de in-



**Fig. 2.** Aloinjerto de esponjosa impactado en el fondo de un defecto acetabular contenido.

jerto triturado junto con prótesis bipolares(138); sin embargo, los resultados del uso de componentes acetabulares no cementados y porosos junto a fragmentos de aloinjerto triturado han sido buenos a corto y medio plazo (45, 50, 136, 139), en este caso, parece mejor el empleo de fragmentos de aloinjerto triturado de cortical que de esponjosa (134). Sin embargo en un estudio reciente a largo plazo (15 años de media) se ha encontrado un 72% de desimplantaciones radiológicas en cotilos no cementados junto a aloinjerto impactado (140), aunque esta cifra no ha sido comparada con otras alternativas técnicas.

Los aloinjertos han sido usados frecuentemente en el tratamiento de los *defectos óseos femorales*, ya sea en la sustitución del cóncavo o para reemplazar el fémur proximal completo (136, 141), habiéndose comunicado buenos resultados clínicos y radiológicos con ambas técnicas (142-144). Pero probablemente la forma más común del empleo de aloinjertos en la cirugía de recambio del componente femoral sea el uso de aloinjerto esponjoso triturado y compactado, proveniente sobre todo de cabezas femorales, suplementado o no con autoinjerto para el relleno de defectos contenidos junto a prótesis tanto de vástago cementado como no cementado, y que en todas estas circunstancias se ha comportado como una muy buena opción para la reparación de este tipo de defectos (45, 50, 145-149), recomendándose en la actualidad el empleo de vástagos largos, habiéndose publicado tasas de supervivencia de alrededor del 90% a los 5 años con esta técnica (150), aunque uno de sus mayores inconvenientes es el riesgo de fractura en la punta del vástago (149). Un problema particularmente difícil de resolver es cuando en la cirugía de revisión del vástago el canal femoral tiene un diámetro mayor de 20 mm, en estas circunstancias se ha empleado con éxito, al menos a corto plazo, una combinación de un vástago poroso proximal al que se cementa una envoltura de aloinjerto cortical (151)

Otra posibilidad que ha demostrado resultados alentadores en cuanto al empleo de aloinjertos estructurales apuestos en fracturas femorales periprotésicas acompañado o no de osteosíntesis con placas atornilladas (152), incluso en casos en los que se había producido un fracaso del tratamiento previo (153).

#### b) Cirugía de revisión protésica de rodilla

En este tipo de cirugía es frecuente la pérdida intensa de masa ósea debido a la osteolisis provocada por el aflojamiento de los componentes. El empleo de aloinjertos en estas circunstancias ha dado buenos resultados a corto y medio plazo (24, 41, 154), alcanzándose tasas muy elevadas de incorporación, como en la serie de 12 revisiones de rodilla publicada por Wilde y cols (29) en la que en 11 casos se evidenció la incorporación del aloinjerto en un tiempo medio de 23 meses.

Se pueden distinguir dos tipos de defectos en una cirugía de revisión de rodilla (155): *Defectos centrales*, que son defectos contenidos rodeados por un anillo de hueso cortical intacto y que son susceptibles de ser tratados con un bloque de tamaño y forma ajustado de aloinjerto esponjoso (29, 156); y *defectos no contenidos* que se extienden a la periferia con porciones de cortical ausentes. Su manejo es más complejo y habitualmente se requiere el empleo de grandes injertos corticoesponjosos (29, 157), resultando de especial importancia la consecución de una máxima superficie de contacto aloinjerto-huésped y su adecuado encaje (158). Una alternativa interesante en estos complejos casos puede ser el empleo de mallas metálicas moldeadas y rellenas de aloinjerto impactado (159, 160).

En otro tipo de indicaciones, el empleo de aloinjertos en fémur distal puede ser una opción viable en el tratamiento de las fracturas periprotésicas de fémur distal con mala calidad ósea, tal y como se ha publicado en una serie reciente de 12 pacientes (161).

Algunos factores técnicos se han relacionado con mejores resultados clínicos tras el recambio protésico de rodilla con aloinjerto como puede ser la correcta selección de los vástagos femorales y tibiales (24, 154, 162), el correcto encaje aloinjerto-prótesis (155, 158), la no cementación de la unión aloinjerto-prótesis (29), la consecución de una máxima superficie de contacto (158), etc. Algunos autores por ejemplo no recomiendan el uso de placas y tornillos para la fijación del aloinjerto porque su perforación puede favorecer su posible fracaso (1, 154).

La principal complicación de este tipo de técnicas es la infección, sin embargo en la literatura tampoco parece que se recoja una tasa

mayor de infecciones cuando se emplea aloinjerto en cirugías de grandes revisiones protésicas (73, 154, 163). Por ejemplo Lord en su serie de 283 aloinjertos masivos recoge una tasa de infección del 12% (120). Otras posibles complicaciones descritas en la literatura pero con una menor incidencia incluyen la desimplantación del componente tibial, la fractura del aloinjerto, la pseudoartrosis, etc (154).

### c) Otras cirugías de revisión protésicas

Ya sea en cirugía primaria o más frecuentemente en cirugías de revisión en cualquier artroplastia puede ser necesario el aporte de injerto óseo. Por ejemplo en revisiones de *artroplastias de hombro*, sobre 463 casos Neer y cols precisaron injerto en el 4,3% de los pacientes, siendo la principal y casi única indicación los defectos glenoideos masivos (164). Otros autores también han publicado buenos resultados con el empleo de aloinjertos especialmente en los defectos glenoideos ya sean primarios por displasia glenoidea u osteoartrosis (165), como en las revisiones protésicas con el fin de restaurar tanto la masa ósea como la orientación glenoidea (165-167).

Por otro lado el empleo de aloinjertos en las *artroplastias de codo* es menos común, y se ha utilizado tras grandes defectos postraumáticos en los que no existen otras opciones reconstructivas (168), su empleo en cirugía de revisión protésica es poco más que anecdótico y las publicaciones están limitadas a casos aislados (169, 170), aunque recientemente se ha publicado una serie de 13 casos de la Clínica Mayo de compuestos aloinjerto-prótesis en casos de fracasos de artroplastias con graves defectos óseos, habiéndose recogido unos resultados aceptables, con sólo 5 casos con un resultado pobre (171).

En el manejo de otras artroplastias, como en muñeca o tobillo el empleo de aloinjerto es excepcional y no hemos encontrado referencias a su utilización en la literatura.

### Aloinjertos en cirugía vertebral

Existen 2 indicaciones fundamentales para el empleo de aloinjertos en cirugía de columna vertebral. En primer lugar, cuando no se dispo-

ne de suficiente autoinjerto, por ejemplo en artrodesis toracolumbares largas con fusión de la pelvis, que excluyen la obtención de injerto de la cresta ilíaca. En segundo lugar, en técnicas de fusión en las que se requiere un elemento estructural en forma de injerto uniendo 2 o más niveles o de un injerto intersomático entre dos vértebras (172).

Veremos a continuación y por separado los principales aspectos del uso de aloinjertos en cirugía de columna cervical, toracolumbar y lumbar.

### a) Columna cervical

Existen muy pocas referencias en la literatura acerca del uso de aloinjertos en *fusiones cervicales posteriores* y los pocos datos disponibles no muestran buenos resultados (173, 174) por lo que su utilización es poco frecuente en este tipo de intervenciones. Por ejemplo se han publicado 3 fracasos de consolidación en 3 pacientes obesos sometidos a artrodesis circunferencial en el que se emplearon aloinjertos estructurales posteriores y anteriores para evitar la morbilidad de la toma de autoinjerto (175).

Sin embargo la utilización de aloinjerto en *fusiones cervicales anteriores* ha sido ampliamente usada desde que en 1958 Cloward (176) publicase sus primeros 46 casos en los que en tan sólo 3 el injerto se reabsorbió. Posteriormente se han publicado numerosos estudios acerca del empleo de los aloinjertos de peroné, de iliaco o de cabeza femoral para la fusión intervertebral cervical con unos resultados más o menos homogéneos, con tasas de consolidación de alrededor del 90% (172, 177-180).

Algunos estudios clínicos han comparado los resultados de la técnica de Robinson (fusión con un injerto tricortical de ilíaco) empleando autoinjerto o aloinjerto para fusiones a un nivel, no habiéndose encontrado diferencias significativas en los resultados clínicos de ambas opciones (181-183), como tampoco se han encontrado en fusiones de dos o tres niveles suplementadas con placa anterior (184). Por otro lado, cuando se han comparado los resultados de ambos tipos de aloinjerto, técnicas de Cloward o de Robinson, no se han encontrado grandes diferencias en los resultados clínicos (185, 186), aunque si que ca-

be esperar una mayor lentitud en la consolidación de los aloinjertos (187). Lo que si parece quedar claro en la literatura es que los aloinjertos son claramente inferiores a los autoinjertos en fusiones que abarcan 2 ó más niveles, independientemente de la técnica empleada, en términos de tasas de pseudoartrosis y colapso del injerto (180, 181, 183, 188-190), una de las pocas excepciones en la literatura, es el trabajo de Samartzis y cols (184), en el que añade una fijación con placa anterior en fusiones a 2 y 3 niveles y no encuentra diferencias significativas entre el empleo de auto y aloinjertos en fusiones de 2 y 3 niveles).

Otro aspecto que cabe destacar es el del empleo del aloinjerto en el tratamiento de fracturas de la columna cervical, ya sea como injerto estructural o asociado a dispositivos tipo cilindro o jaulas. Aunque el autoinjerto de cresta ilíaca en el tratamiento de las fracturas de la región cervical es probablemente lo más usado, en la actualidad el uso de jaulas cilíndricas con aloinjerto está aumentando (191). Cuando se precisa la reconstrucción de uno o dos niveles está indicado el uso de una de estas jaulas cilíndricas o el de un aloinjerto estructural; mientras que para defectos más grandes, tras corpectomías de 3 ó más niveles probablemente la opción más recomendable sea la de un aloinjerto de peroné relleno de autoinjerto u otros osteoinductores, debido a su forma y módulo de elasticidad (191-193).

#### b) Columna toracolumbar

El uso de aloinjerto en las cirugías de *fusión posterior toracolumbar* es mucho más frecuente que en la región cervical, especialmente en las cirugías de escoliosis (172). En el tratamiento quirúrgico de la escoliosis neuromuscular se han publicado buenos o muy buenos resultados, en cuanto a tasas de fusión, empleando diversos tipos de aloinjerto (194-196). Una excepción es el trabajo de Herron y cols (197) en el que sobre 9 pacientes sometidos a fusión toracolumbar por escoliosis con aloinjerto esterilizado por óxido de etileno, 6 desarrollaron una pseudoartrosis.

Se han publicado numerosos estudios comparando el empleo de auto y aloinjertos en la ci-

rugía de fusión posterior toracolumbar de la escoliosis en ocasiones con resultados contradictorios (172). Sin embargo, la mayor parte de los mismos parecen coincidir en unos resultados clínicos y radiológicos similares en cuanto a grado de corrección, incidencia de pseudoartrosis, y pérdida de corrección (198-202); pero por ejemplo se han recogido pequeños aumentos en la tasa de infecciones en los pacientes con aloinjerto (198), o molestias importantes en el sitio dador del autoinjerto en el 20% (199). Las excepciones las constituyen los trabajos de May y cols (203) en el que encontraron un 66% de pseudoartrosis en los pacientes tratados con aloinjerto y del 36% en los tratados con autoinjerto y el de Price y cols (204) en el que se encontró una mayor tasa de complicaciones cuando se empleó aloinjerto corticoesponjoso que cuando se usó autoinjerto de cresta ilíaca

En cirugía de *fusión vertebral anterior* se han empleado injertos estructurales de diversos modos, no está claro cual es el mejor modelo ya que existen diversos estudios con conclusiones contradictorias, por ejemplo en un estudio los anillos de cortical femoral demostraron in vitro una mayor resistencia que otros tipos de aloinjerto (205); mientras que en un modelo mecánico los aloinjertos de peroné creaban un montaje más rígido que los anillos de fémur aunque sin significación estadística (206). Las indicaciones pueden incluir escoliosis del adulto, escoliosis neuromusculares, cifosis postraumática o postlaminectomía, enfermedad de Schuermann, etc (172, 207) En general los resultados publicados en el tratamiento de deformidades de la columna toracolumbar tratadas con aloinjertos estructurales son satisfactorios, con tasas elevadas de incorporación y de conservación de la corrección (172, 208-210), que parecen además mantenerse al menos a medio plazo (211). Injertos de este tipo también han sido empleados en patologías como la tuberculosis vertebral, con buenos resultados clínicos (212), incluyendo el empleo de aloinjertos estructurales de peroné (213).

En el tratamiento de las fracturas de la región toracolumbar también se pueden emplear aloinjertos estructurales anteriores que pueden ser anillos de diáfisis humeral en los segmentos más superiores y femorales en el resto, siempre junto a instrumentación, ya sea posterior (191) o anterior (214).

Recientemente se han publicado excelentes resultados con el uso de aloinjertos estructurales largos (mayor o igual a un cuerpo vertebral en columna toracolumbar o más de 2 cuerpos en columna cervical) en el tratamiento de los grandes defectos óseos anteriores, manteniendo la altura vertebral y la integridad estructural (215).

### c) Columna lumbar

En numerosos estudios se han demostrado los malos resultados clínicos y radiológicos de la utilización de aloinjertos liofilizados y tratados con óxido de etileno para las *fusiones posterolaterales de la columna lumbar*, con tasas muy altas de pseudoartrosis, que hacen que su empleo no sea recomendable (197, 216, 217). Pero no existe este acuerdo con respecto a los injertos congelados para los que se han publicado resultados dispares. Algunos autores han encontrado tasas más bajas de consolidación cuando han empleado este tipo de injerto que cuando han usado autoinjerto (218-220), sin embargo otros autores defienden que este tipo de injerto puede ser útil en las artrodesis lumbares por patología degenerativa y presentan resultados similares a los de los pacientes tratados con autoinjerto (202).

A pesar de esto, el uso de aloinjerto en las técnicas de fusión posterolateral está poco extendido, no sucede lo mismo con los injertos estructurales para las técnicas de *fusión intersomática anterior*, que desde 1952 Cloward (221) empezó a emplear aloinjertos congelados de cresta ilíaca en este tipo de intervenciones, otros autores la han empleado con buenos y homogéneos resultados (222-224), que pueden ser mejorados gracias a la adición de estimulación electromagnética (224).

Por otro lado, el empleo de segmentos diafisarios femorales de aloinjerto en cuyo interior se empaqueta autoinjerto de esponjosa asociado a instrumentación posterior se ha popularizado en los últimos años debido a su elevada resistencia (205) y especialmente a los buenos resultados clínicos y radiológicos que proporciona (207, 210, 214, 225-228), además recientemente se han comunicado muy buenos resultados en cuanto a tasas de fusión con el empleo de los aloinjertos en anillo de cortical femoral y la fija-

ción posterior en el tratamiento de las pseudoartrosis de la columna lumbar (229, 230). Otros autores han publicado resultados similares cuando el aloinjerto estructural provenía de cabezas femorales (231).

Los aloinjertos en forma de clavija se han empleado con éxito en las fusiones lumbosacras para las espondilolistesis de alto grado (III o más) (172, 232, 233).

### *Aloinjertos en la cirugía de las fracturas y sus complicaciones*

El empleo de aloinjertos para favorecer la consolidación o para la reparación de defectos óseos postraumáticos incluye una gran variedad heterogénea de indicaciones y de posibilidades de tipo de injerto (fragmentos de esponjosa criopreservados, porciones de hueso cortical, injertos corticoesponjosos, etc) (11, 234-236). Sin embargo su uso es mucho menos común que en las patologías anteriormente descritas, y en cualquier caso, el principal factor pronóstico es una correcta relación entre la actividad biológica del injerto, las condiciones ambientales alrededor del injerto y los condicionantes mecánicos (11)

En los miembros superiores, probablemente la indicación más común sea el tratamiento de las pseudoartrosis de diáfisis humeral ya sea con aloinjertos apuestos (237), como en forma de injertos de peroné estructurales intramedulares (238, 239). Aunque también los aloinjertos han sido usados exitosamente en fracturas inestables de tercio distal de radio (240), para la sustitución de cabeza radial en migraciones proximales radiales secundarias a fracturas de Essex-Lopresti (241), para pseudoartrosis complejas de cúbito y radio (242), en pseudoartrosis con grandes defectos óseos de fracturas de extremo distal de húmero (243), en determinados casos de pseudoartrosis de escafoides (244), en fracturas complejas de extremo proximal de húmero junto a clavo-placas humerales (245, 246) etc.

En cuanto a las fracturas de la extremidad inferior, probablemente la indicación más común sea en las fracturas de meseta tibial, donde ha mostrado ser una buena alternativa clínica al empleo de autoinjertos (247-249); sin embargo las posibilidades de empleo incluyen las fractu-

ras complejas osteoporóticas de extremidad proximal de fémur (246), algunos casos de pseudoartrosis de fracturas subtrocantéreas, en las que proporciona unos resultados similares a los del autoinjerto (250). En las pseudoartrosis de fémur como injerto estructural intramedular (251), o junto proteínas morfogenéticas (252), en fracturas periprotésicas (152, 153), en los grandes defectos óseos postraumáticos femorales (253), en las que además se puede añadir un autoinjerto de peroné vascularizado intramedular que parece favorecer la consolidación del aloinjerto estructural (35). También se ha empleado con resultados favorables en la pseudoartrosis del extremo distal del fémur junto a autoinjerto de cresta ilíaca (254). En las artrodesis del pie y tobillo también se han empleado aloinjertos y sus resultados han sido discretamente inferiores a los de los autoinjertos (255, 256). Otras indicaciones han sido: las epifisiodesis por epifisiolisis de cabeza femoral (257), las luxaciones recidivantes de cadera como injertos osteocondrales estructurales (258), etc.

Además de todas las indicaciones anteriormente expuestas, los aloinjertos pueden ser usados en muy diversas indicaciones, que pueden variar desde el reemplazo con un aloinjerto de una calcaneotomía total (259), al tratamiento de la rizartrosis (260), a la corrección de deformidades óseas postraumáticas (261), a la reparación de los defectos de cresta ilíaca masivos tras tomas de autoinjerto (262) a la reconstrucción de grandes lesiones de Hill-Sachs (263).

## BIBLIOGRAFÍA

- BURCHARDT H. The biology of bone graft repair. *Clin Orthop Apr* 108 (174), 28-42. 1983.
- RAY, R. D. Bone grafts and bone implants. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 5, 389. 1972.
- WEILAND AJ, PHILLIPS TW RANDOLPH MA. Bone grafts: a radiologic, histologic, and biomechanical model comparing autografts, allografts, and free vascularized bone grafts. *Plast Reconstr Surg* 74 (3), 368-379. 1984.
- MEJDAHL, S., HANSEN, C. A., SKJODT, H., and REIMANN, I. Human bone bank allografts stimulate bone resorption and inhibit proliferation in cultures of human osteoblast-like cells. *Acta Orthop Scand* 69 (1), 63-68. 1998
- VICARIO C. El efecto osteoinductor de la matriz de los aloinjertos. *Estudio experimental en cultivo de osteoblastos humanos. (Tesis Doctoral)*. 2003. Madrid.
- RODRÍGUEZ DE ACUÑA MARTÍNEZ, L. Efectos producidos por la matriz de los aloinjertos sobre las células óseas del receptor. Tesis Doctoral. 2003. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- SORENSEN J, ULLMARK G LANGSTROM B NILSSON O. Rapid bone and blood flow formation in impacted morselized allografts: positron emission tomography (PET) studies on allografts in 5 femoral component revisions of total hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand* 74, 633-643. 2003.
- HISATOME T, YASUNAGA Y TAKAHASHI K OCHI M. Bone remodeling after impacted cancellous allograft in revision hip arthroplasty based on (99m)Tc-MDP bone scintigraphy. *Arch Orthop Trauma Surg* 124, 52-55. 2004
- STEVENSON S and HOROWITZ, M. The response to bone allografts. *J Bone Joint Surg Am* 74-A N° 6, 939-950. 1992.
- GOLDBERG V.M. Selection of bone grafts for revision total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 381, 68-76. 2000.
- STEVENSON S. Enhancement of fracture healing with autogenous and allogeneic bone grafts. *Clin Orthop Oct;17(355 Suppl)*, S239-S246. 1998.
- BAUER TW and MUSCHLER GF. Bone graft materials. An overview of the basic science. *Clin Orthop Feb; 2(371)*, 10-27. 2000.
- GARG, M., DEV, G., MISRA, K., AND TULI, S. M. Early biologic behavior of bone grafts. A fine needle aspiration cytology study. *Acta Cytologica* 41, Number 3, 765-770. 1997.
- KUSHNER A. Evaluation of Wolff's law of bone formation. *J Bone Joint Surg Am* 22-A, 589-596. 1940.
- PARRISH, F. F. Allograft replacement of part of the end of a long bone following excision of a tumor. *J Bone Joint Surg Am* 55-A, 1-22. 1973.
- MANKIN HJ, DOPPELT S, and TOMFORD W. Clinical experience with allograft implantation. The first ten years. *Clin Orthop Apr; 48(174)*, 69-86. 1983.
- CANOSA, R. and PÉREZ BLANCO, R. Diferentes alternativas en reconstrucción: Biológicas y con biomateriales de los defectos óseos. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 36, 128-134. 1992.
- CHENG, E. Y. and GEBHARDT, M. C. Allograft reconstructions of the shoulder after bone tumors resections. *Orthop Clin North Am* 22, 37-48. 1991
- GEBHARDT, M. C., FLUGSTAD, D. I., SPRINGFIELD, D. S., and MANKIN, H. J. The use of bone allograft for limb salvage in high grade extremity osteosarcoma. *Clin Orthop* 270, 181-196. 1991.
- JOFE, M. H., GEBHARDT, M. C., TOMFORD, W. W., and MANKIN, H. J. Osteoarticular allografts and allografts and prosthesis in the management of malignant tumors of the proximal femur. *J Bone Joint Surg Am* 70 A, 507-516. 1988.

21. MAJO, J., DONCEL, A., LÓPEZ-POUZA, VNA-CELLS, GARCÍA, J., and MIRALLES, A. Resección en bloque y homoinjertos criopreservados de cadáveres con quimioterapia pre y postoperatoria en tumores óseos malignos de las extremidades. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 34, 532-537. 1990.
22. MANKIN HJ, DOPPELT S, AND SULLIVAN, T. R. TOMFORD W. Osteoarticular and intercalary allograft transplantation in the management of malignant tumors of bone. *Cancer* 50, 613-630. 1982.
23. MANKIN, H. J., GEBHARDT, M. C., and TOMFORD, W. W. The use of frozen cadaveric osteoarticular allografts in the treatment of benign and malignant tumors about the knee. (Enneking WF (ed). Limb salvage in musculoskeletal oncology). 1987. *New York, Churchill Livingstone*.
24. MNAYMNEH, W., EMERSON, R. H., BORJA, F., HEAD, W. C., and MALININ, T. I. Massive allografts in salvage revisions of failed total knee arthroplasties. *Clin Orthop* 260, 144-153. 1990
25. MNAYMNEH, W., MALININ, T. I., LACKMAN, R. D., and GHANDUR-MNAYMNEH, L. Massive distal femoral osteoarticular allografts after resection of bone tumors. *Clin Orthop* 303, 103-115. 1994.
26. ORTIZ-CRUZ, E. J., SILVEIRA, J., DE LA SAGRA, J. A., and FERNÁNDEZ-DÍEZ, G. Osteosarcomas alrededor de la rodilla: Métodos de reconstrucción. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 37 (supl II), 76-82. 1993.
27. MANKIN, H. J., ORTIZ-CRUZ, E. J., and BIBILONI, J. Resultados a largo plazo y futuro de los trasplantes con aloinjertos óseos. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 40, 556-561. 1996.
28. RINALDI, E. The first homoplastic limb transplant according to the legend of Saint Cosmas and Saint Damian. *Ital J Orthop Traumatol* 13, 394-406. 1987.
29. WILDE AH, SCHICKENDANTZ MS STULBERG BN GO RT. The incorporation of tibial allografts in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 72 (6), 815-824. 1990.
30. HORNICEK FJ, GEBHARDT MC TOMFORD WW SORGER JI ZAVATTA M MENZNER JP MANKIN HJ. Factors affecting nonunion of the allograft-host junction. *Clin Orthop* 382, 87-98. 2001
31. VAN DER GRIEND, R. A. The effect of internal fixation on the healing of large allografts. *J Bone Joint Surg Am* 76-A, 657-663. 1994.
32. DELLOYE, C., SIMON, P., NYSSE-BEHETS, C, BANSE, X., BRESLER, F., and SCHMITT, D. Perforations of cortical bone allografts improve their incorporation. *Clin Orthop* 396, 241-247. 2002
33. KUMTA SM, LEUNG PC GRIFFITH JF ROEBUCK DJ CHOW LT LI CK. A technique for enhancing union of allograft to host bone. *J Bone Joint Surg Br*. 80 B, 994-998. 1998.
34. LEE FY, STORER S HAZAN EJ GEBHARDT MC MANKIN HJ. Repair of bone allograft fracture using bone morphogenetic protein-2. *Clin Orthop* 397, 119-126. 2002.
35. CHANG DW, WEBER KL. Segmental femur reconstruction using an intercalary allograft with an intramedullary vascularized fibula bone flap. *J Reconstr Microsurg* 20, 195-199. 2004.
36. STEVENSON S, LI XQ DAVY DT KLEIN L GOLDBERG VM. Critical biological determinants of incorporation of non-vascularized cortical bone grafts. Quantification of a complex process and structure. *J Bone Joint Surg Am* 79 (1), 1-16. 1997.
37. KOHLER, P., GLAS, J. E., LARSSON, S., and KREICBERGS, A. Incorporation of nonviable bone grafts. Autoclaved autogenic and frozen allogenic bone grafts compared in the rabbit. *Acta Orthop Scand* 58 (1), 54-60. 1987
38. SAN JULIÁN ARANGUREN, M., MORENO SOUSA, J. L., FORRIOL CAMPOS, F., and CAÑADEL CARAFI, J. Integración biológica y radiológica de los aloinjertos óseos masivos. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 44, 477-483. 2000.
39. ENNEKING WF, DUNHAM W GEBHARDT MC MALAWAR M PRITCHARD DJ. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop* 286, 241-246. 1993.
40. ENNEKING WF and MINDELL ER. Observations on massive retrieved human allografts. *J Bone Joint Surg Am Sep*; 73(8), 1123-1142. 1991.
41. ARO HT and AHO AJ. Clinical use of bone allografts. *Ann Med Aug*; 25(4), 403-412. 1993.
42. ANDERSEN JR, DETLIE T, and GRIFFITHS HJ. The radiology of bone allografts. *Radiol Clin North Am Mar*; 33(2), 391-400. 1995
43. CAÑADEL CARAFI, J. and SAN JULIÁN ARANGUREN, M. Radiological, Isotopic and histological study about incorporation of allografts. *Rev. Mapfre Medicina* 8 (supl1), 267-271. 1997.
44. GRIFFITHS HJ, ANDERSON JR THOMPSON RC AMUNDSON P DETLIE T. Radiographic evaluation of the complications of long bone allografts. *Skeletal Radiol* 24 (4), 283-286. 1995.
45. GROSS, A. E., BLACKKEY, H., WONG, P., SALEH, K., and WOODGATE, I. The role of allografts in revision arthroplasty of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 84 A, 655-667. 2002.
46. GARBUZ, D., MORSI, E., MOHAMED, N., and GROSS, A. E. Classification and reconstruction in revision acetabular arthroplasty with bone stock deficiency. *Clin Orthop* 324, 98-107. 1996.
47. WONG, P., SALEH, K., KING, A., and GROSS, A. E. Acetabular revision with a roof reinforcement ring and impacted allograft bone. *Hip Int* 10, 145-150. 2000.
48. MORSI, E., GARBUZ, D., and GROSS, A. E. Revision total hip arthroplasty with shelf bulk allografts. A long-term follow-up study. *J Arthroplasty* 11, 86-90. 1996.
49. GARBUZ, D., MORSI, E., and GROSS, A. E. Revision of the acetabular component of a total hip arthroplasty with a massive structural allograft. Study with a minimum five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 78 A, 693-697. 1996.

50. LEOPOLD, S. S., JACOBS, J. J., and ROSENBERG, A. G. Cancellous allograft in revision total hip arthroplasty. *Clin Orthop Feb*; 2(371), 86-97. 2000.
51. BLACKKEY, H., DAVIS, A. M., HUTCHINSON, C. R., and GROSS, A. E. Proximal femoral allografts for reconstruction of none stock in revision arthroplasty of the hip. A nine to fifteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 83 A, 346-354. 2001.
52. GRUEN, T. A., MCNEICE, G. M., and AMSTUTZ, H. C. «Modes of failure» of cemented stem-type femoral components: A radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop*. 141, 17-27. 1979.
53. EPSTEIN NE, SILVERGLEIDE RS BLACK K. Computed tomography validating bony ingrowth into fibula strut allograft: a criterion for fusion. *Spine J* 2, 129-133. 2002.
54. DELLOYE, C., DE NAYER, P., ALLINGTON, N., MUNTING, E., COUTELIER, L., and VINCENT, A. Massive bone allografts in large skeletal defects after tumor surgery: A clinical and microradiographic evaluation. *Arch Orthop Trauma Surg* 107, 31-41. 1988.
55. BERQUIST, T. H. Magnetic resonance imaging of primary musculoskeletal neoplasms. *Radiol Clin North Am* 31, 411-424. 1993.
56. ERLMANN, R., VASALLO, P., BONGARTZ, G., MULLER-MINY, H., RUMMENY, E., STOBER, U., and PETERS, P. E. Musculoskeletal neoplasms: Fast-low angle MR imaging with and without Gd-DTPA. *Radiology* 176, 489-495. 1990.
57. FRANK, J. A., LING, A., PATRONAS, N. J., CARRASQUILLO, J. A., HORVATH, K., HICKEY, A. M., and DWYER, A. J. Detection of malignant bone tumors: MR imaging vs. scintigraphy. *AJR* 155, 1043-1048. 1990.
58. HOFFNER EG, RYAN JR, QURESHI F, and SOULEN RL. Magnetic resonance imaging of massive bone allografts with histologic correlation. *Skeletal Radiol Feb*; 25(2), 165-170. 1996.
59. PANICEK DM, SCHWARTZ LH HEELAN RT CARRAVELLI JF. Non-neoplastic causes of high signal intensity at T2-weighted MR imaging after treatment for musculoskeletal neoplasm. *Skeletal Radiol* 24 (3), 185-190. 1995.
60. KATTAPURAM SV, ROSOL MS ROSENTHAL DI PALMER WE MANKIN HJ. Magnetic resonance imaging features of allografts. *Skeletal Radiol* 28 (7), 383-389. 1999.
61. KANDEL RA, PRITZKER KP, LANGER F, and GROSS AE. The pathologic features of massive osseous grafts. *Hum Pathol Feb*; 15(2), 141-146. 1984.
62. GODFRIED, Y., YAREMCHUK, M. J., RANDOLPH, M. A., and WEILAND, A. J. Histological characteristics of acute rejection in vascularized allografts of bone. *J Bone Joint Surg Am* 69 A, 410-425. 1987.
63. GOUIN, F., PASSUTI, N., VERRIELE, V., DELCRIN, J., and BAINVEL, J. Histological features of large bone allografts. *J Bone Joint Surg Br*. 78 B, 38-41. 1996.
64. VAN DER DONK, S., BUMA, P., SLOOF, T. J. H., GARDENIERS, J. W. M., and SCHREURS, B. W. Incorporation of morselized bone grafts: A study of 24 acetabular biopsy specimens. *Clin Orthop* 396, 131-141. 2002.
65. LING, R. S. M., TIMPERLEY, J., and LINDER, L. Histology of cancellous impaction grafting in the femur: A case report. *J Bone Joint Surg Br*. 75 B, 693. 1993.
66. NELISSEN, R. G. H. H., BAUER, T. W., and WEIDENHIELM, L. R. A. Revision hip arthroplasty with the use of cement and impaction grafting: Histological analysis of four cases. *J Bone Joint Surg Am* 77 A, 412. 1995.
67. HAMER AJ, SUVARNA SK, and STOCKLEY I. Histologic evidence of cortical allograft bone incorporation in revision hip surgery. *J Arthroplasty Oct*; 12(7), 785-789. 1997.
68. PETROKOV, V., VUKELIC, E., and SCHENK, R. Bridging over of large diaphyseal defects. *Symp Biol Hung* 7, 87-98. 1967.
69. BURCHARDT H, BUSBEE, G., and ENNEKING WF. Repair of experimental autologous grafts of cortical bone. *J Bone Joint Surg Am* 57 A, 814-819. 1975.
70. SIMON, P., BABIN, S., DELLOYE, CH, and SCHMITT, D. Multiperforations of bone cryopreserved allografts. *Int Orthop* 17, 98-103. 1993.
71. TARSOLY, E., OSTROWSKI, K., and MOSKALEWSKI, S. Incorporation of lyophilized and radiosterilized perforated and unperforated bone-grafts in dogs. *Acta Chir Acad Sci Hung* 10, 55-63. 1969.
72. ENNEKING WF and CAMPANACCI, D. A. Retrieved human allografts. A clinicopathological study. *J Bone Joint Surg Am* 83, 971-986. 2001.
73. TOMFORD, W. W., THONGPHASUK, J., MANKIN, H. J., and FERRARO, M. J. Frozen musculoskeletal allografts: a study of the clinical incidence and causes of infection associated with their use. *J Bone Joint Surg Am* 72-A, 1137-1143. 1990.
74. DION, N. and SIM, F. H. The use of allografts in musculoskeletal oncology. *J Bone Joint Surg Am* 84 A, 644-654. 2002.
75. MANKIN HJ, GEBHARDT MC, JENNINGS LC, SPRINGFIELD DS, and TOMFORD WW. Long-term results of allograft replacement in the management of bone tumors. *Clin Orthop Mar*; 527 Pt 2(324), 86-97. 1996.
76. CHOONG PF. The role of allografts in tumour surgery. *Acta Orthop Scand Suppl Feb*; 273, 89-94. 1997.
77. GLANCY, G. L., BRUGIONI, D. J., EILERT, R. E., and CHANG, F. M. Autograft versus allograft for benign lesions in children. *Clin Orthop* 262, 28-33. 1991.
78. SHIH HN, CHEN YJ HUANG TJ HSU KY HSU RW. Semistructural allografting in bone defects after curettage. *J Surg Oncol* 68 (3), 159-165. 1998.

79. DEIJKERS RL, BLOEM RM HOGENDOORN PC VERLAAN JJ KROON HM TAMINIAU AH. Hemicalcortical allograft reconstruction after resection of low-grade malignant bone tumours. *J Bone Joint Surg Br* 84-B, 1009-1014. 2002.
80. FOX EJ, HAU MA GEBHARDT MC HORNICEK FJ TOMFORD WW MANKIN HJ. Long-term follow-up of proximal femoral allografts. *Clin Orthop* 397, 106-113. 2002.
81. SIM, F. H. and FRASSICA, F. J. Use of allografts following resection of tumors of the musculoskeletal system. *Instr Course Lect* 42, 405-413. 1993.
82. MUSCOLO DL, AYERZA MA APONTE-TINAO LA. Survivorship and radiographic analysis of knee osteoarticular allografts. *Clin Orthop* 373, 73-79. 2000.
83. HORNICEK, F. J., MNAYMNEH, W., LACKMAN, R. D., EXNER, G. U., and MALININ, T. I. Rescate del miembro con aloinjertos osteoarticulares después de la resección de tumores óseos del segmento proximal de la tibia. *Clin Orthop* (Selección artículos en español) Vol 1. Nº1, 58-66. 1999.
84. GEBHARDT, M. C., ROTH, Y. F., and MANKIN, H. J. Osteoarticular allgrafts for reconstruction in the proximal part of the humerus after excision of a musculoskeletal tumor. *J Bone Joint Surg Am* 72 A, 334-345. 1990
85. GETTY, P. J. and PEABODY, T. D. Complications and functional outcomes of reconstruction with an osteoarticular allograft after intra-articular resection of the proximal aspect of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 81 A, 1138-1146. 1999.
86. KOCHER, M. S., GEBHARDT, M. C., and MANKIN, H. J. Reconstruction of the distal aspect of the radius with use of an osteoarticular allograft after excision of a skeletal tumor. *J Bone Joint Surg Am* 80 A, 407-419. 1998.
87. WURAPA RK, WHIPPLE R. Distal radioulnar allograft reconstruction after giant cell tumor resection. *Am J Orthop* 32, 397-400. 2003.
88. LEE FY, HORNICEK FJ HAZAN EJ KLOEN P WOLFE MA MANKIN HJ. Reconstruction of the shoulder joint using an acetabular allograft. A report of two cases. *Clin Orthop* 357, 116-121. 1998.
89. EXNER GU, DUMONT CE MALININ TI VON HOCHSTETTER AR. Recurrent aggressive chondrosarcoma of the middle phalanx of the index finger: excision and reconstruction with an osteochondral allograft. *Arch Orthop Trauma Surg* 123, 425-428. 2003.
90. MOHLER DG, YASZAY B HONG R WERA G. Intercalary tibial allografts following tumor resection: the role of fibular centralization. *Orthopedics* 26, 631-637. 2003.
91. ORTIZ-CRUZ, E. J., GEBHARDT, M. C., JENNINGS, L. C., SPRINGFIELD, D. S., and MANKIN, H. J. The results of transplantation of intercalary allografts after resection of bone tumors. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 79 A, 97-106. 1997.
92. VOGGENREITER, G., KLAES, W., ASSENMA-CHER, S., and SCHMIT-NEUERBURG, K. P. Massive intercalary bone allografts in the treatment of primary and secondary bone tumors. A report of 21 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 114, 308-318. 1995.
93. DONATI, D., DI LIDDO, M., ZAVATTA, M., MANFRINI, M., BACCI, G., PICCI, P., CAPANNA, R., and MERCURI, M. Reconstrucción con aloinjerto óseo masivo en el osteosarcoma de alto grado. *Clin Orthop* (Selección artículos en español) Vol 3 Nº1, 46-54. 2001.
94. CARA, J. A., LACLERIGA, A., and CANADEL, J. Intercalary bone allografts. 23 tumor cases followed for 3 years. *Acta Orthop Scand* 65, 42-46. 1994.
95. GERRAND CH, GRIFFIN AM DAVIS AM GROSS AE BELL RS WUNDER JS. Large segment allograft survival is improved with intramedullary cement. *J Surg Oncol* 84, 198-208. 2003.
96. MANFRINI M, VANEL D DE PAOLIS M MALAGUTI C INNOCENTI M CERUSO M CAPANNA R MERCURI M. Imaging of Vascularized Fibula Autograft Placed Inside a Massive Allograft in Reconstruction of Lower Limb Bone Tumors. *AJR Am J Roentgenol* 182, 963-970. 2004
97. WEINER, S. D., SCARBOROUGH, M., and VAN DER GRIEND, R. A. Resection arthrodesis of the knee with an intercalary allograft. *J Bone Joint Surg Am* 78 A, 185-192. 1996.
98. HEJNA, M. J. and GITELIS, S. Allograft prosthetic composite replacement for bone tumors. *Semin Surg Oncol* 13, 13-18. 1997.
99. ANRACT P, COSTE J VASTEL L JEANROT C MASCARD E TOMENO B. Proximal femoral reconstruction with megaprosthesis versus allograft prosthesis composite. A comparative study of functional results, complications and longevity in 41 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 86 (3), 278-288. 2000.
100. ZEHR, R. J., ENNEKING WF, and SCARBOROUGH, M. T. Allograft-prosthesis composite versus megaprosthesis in proximal femoral reconstruction. *Clin Orthop* 322, 207-223. 1996.
101. LANGLAIS, F. and VIELPEAU, C. Allografts of the hemipelvis after tumor resection. Technical aspects of four cases. *J Bone Joint Surg Br* 71 B, 58-62. 1989.
102. GUEST, C. B., BELL, R. S., DAVIS, A., LANGER, F., LING, H., GROSS, A. E., and CZITROM, A. Allograft-implant composite reconstruction following periacetabular sarcoma resection. *J Arthroplasty* 5 (Suppl), S25-S34. 1990.
103. OZAKI, T., HILLMAN, A., BETTIN, D., WUISMAN, P., and WINKELMANN, W. High complication rates with pelvic allografts. Experience of 22 sarcoma resections. *Acta Orthop Scand* 67, 333-338. 1996.
104. BELL, R. S., DAVIS, A. M., WUNDER, J. S., BUCONJIC, T., MCGOVERAN, B., and GROSS, A. E. Allograft reconstruction of the acetabulum after resection of stage-IIB sarcoma. Intermediate-term re-

- sults. *J Bone Joint Surg Am* 79 A, 1663-1674. 1997.
105. CARDOSO CITA, Z., CEBRIÁN PARRA, J. L., GARCÍA CRESPO, R., JUNYENT VILANOVA, E., and LÓPEZ-DURÁN, L. Trasplante de hemipelvis por sarcomas óseos. (*Libro de resúmenes 38 Congreso Nacional SECOT*), 189-190. 2001. Bilbao.
  106. LANGLAIS, F., LAMBOTTE, J. C., and THOMAZEAU, H. Long-term results of hemipelvis reconstruction with allografts. *Clin Orthop* 388, 178-186. 2001
  107. VERMA NN, KUO KN GITELIS S. Acetabular osteoarticular allograft after Ewing's sarcoma resection. *Clin Orthop* 419, 149-154. 2004
  108. MNAYMNEH WA, TEMPLE HT MALININ TI. Allograft reconstruction after resection of malignant tumors of the scapula. *Clin Orthop* 405, 223-229. 2002.
  109. WEBER KL, LIN PP YASKO AW. Complex segmental elbow reconstruction after tumor resection. *Clin Orthop* 415, 31-44. 2003.
  110. BERREY, B. H., LORD, C. F., GEBHARDT, M. C., and MANKIN, H. J. Fractures of allografts. Frequency, treatment and end-results. *J Bone Joint Surg Am* 72 A, 825-833. 1990.
  111. SAN JULIÁN, M. and CANADEL, J. Fractures of allografts used in limb preserving operations. *Int Orthop* 22, 22-32. 1998.
  112. SORGER JI, HORNICEK FJ ZAVATTA M MENZNER JP GEBHARDT MC TOMFORD WW MANKIN HJ. Allograft fractures revisited. *Clin Orthop* 382, 66-74. 2001.
  113. THOMPSON, R. C., PICKVANCE, E. A., and GARRY, D. Fractures in large-segment allografts. *J Bone Joint Surg Am* 75 A, 1663-1673. 1993.
  114. LIETMAN SA, TOMFORD WW GEBHARDT MC SPRINGFIELD DS MANKIN HJ. Complications of irradiated allografts in orthopaedic tumor surgery. *Clin Orthop Jun*; (375), 214-217. 2000.
  115. CLOHISY, D. R., LY, T. V., and THOMPSON, R. C. JR. Fixation of large segment femoral allografts using plates augmented with cerclage wires. *Clin Orthop* 371, 198-205. 2000.
  116. WUNDER, J. S., DAVIS, A. M., HUMMEL, J. S., MANDEL CORN, J., GRIFFIN, A. M., and BELL, R. S. The effect of intramedullary cement on intercalary allografts reconstruction of bone defects after tumor resection. A pilot study. *Can J Surg* 38, 521-527. 1995.
  117. OZAKI, T., HILLMAN, A., BETTIN, D., WUISMAN, P., and WINKELMANN, W. Intramedullary, antibiotic-loaded cemented, massive allografts for skeletal reconstruction. 26 cases compared with 19 uncemented allografts. *Acta Orthop Scand* 68, 387-391. 1997.
  118. PLUHAR GE, MANLEY PA HEINER JP JR RV SEEHERMAN HJ MARKEL MD. The effect of recombinant human bone morphogenetic protein-2 on femoral reconstruction with an intercalary allograft in a dog model. *J Orthop Res* 19, 308-317. 2001.
  119. DICK, H. M. and STRAUCH, R. J. Infection of massive bone allografts. *Clin Orthop* 306, 46-53. 1994.
  120. LORD, C. F., GEBHARDT, M. C., TOMFORD, W. W., and MANKIN, H. J. Infection in bone allografts: Incidence, nature and treatment. *J Bone Joint Surg Am* 70 A, 369-376. 1988.
  121. TOMFORD, W. W., STARKWEATHER, R. J., and GOLDMAN, M. H. A study of the clinical incidence of infection in the use of banked allograft bone. *J Bone Joint Surg Am* 63 A, 244-248. 1981.
  122. MORRIS CD, SEPKOWITZ K FONSHILL C MARGETSON N EAGAN J MIRANSKY J BOLAND PJ HEALEY J. Prospective identification of risk factors for wound infection after lower extremity oncologic surgery. *Ann Surg Oncol* 10, 778-782. 2003.
  123. BARRIGA A, DIAZ-DE-RADA P BARROSO JL ALFONSO M LAMATA M HERNAEZ S BEGUIRISTAIN JL SAN-JULIAN M VILLAS C. Frozen cancellous bone allografts: positive cultures of implanted grafts in posterior fusions of the spine. *Eur Spine J* 152, 152-156. 2004.
  124. BARRIGA A, DIAZ-DE-RADA P BARROSO JL ALFONSO M LAMATA M HERNAEZ S BEGUIRISTAIN JL SAN-JULIAN M VILLAS C. Frozen cancellous bone allografts: positive cultures of implanted grafts in posterior fusions of the spine. *Eur Spine J*, *Epub ahead of print*. 2003.
  125. GROSS, A. E., DUNCAN, C. P., GARBUZ, D., and MOHAMED, E. M. Revision arthroplasty of the acetabulum in association with loss of bone stock. *Instr Course Lect* 48, 48-57. 1999.
  126. TRANICK, Y. M., STULBERG, B. N., WILDE, A. H., and FEIGLIN, G. Allograft reconstruction of the acetabulum in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 68 A, 527-533. 1986.
  127. WILSON, M. G., NIKPOOR, N., ALIABADI, P., POSS, R., and WISSMANN, B. N. The fate of acetabular allografts after bipolar revision arthroplasty of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 71 A, 1469-1479. 1989.
  128. HARRIS, W. H. Allografting in total hip arthroplasty in adults with severe acetabular deficiency including a surgical technique for bolting the graft in the ilium. *Clin Orthop* 162, 150-164. 1982.
  129. STIEHL JB, SALUJA R DIENER T. Reconstruction of major column defects and pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 15 (7), 849-857. 2000.
  130. SALEH KJ, JAROSZYNSKI G WOODGATE I SALEH L GROSS AE. Revision total hip arthroplasty with the use of structural acetabular allograft and reconstruction ring: a case series with a 10-year average follow-up. *J Arthroplasty* 15 (8), 951-958. 2000.
  131. GILL TJ, SLEDGE JB MULLER ME. The management of severe acetabular bone loss using structural allograft and acetabular reinforcement devices. *J Arthroplasty* 15 (1), 1-7. 2000.
  132. BOLDT JG, DILAWARI P AGARWAL S DRABU KJ. Revision total hip arthroplasty using impaction bo-

- ne grafting with cemented nonpolished stems and charnley cups. *J Arthroplasty* 16 (8), 943-952. 2001.
133. SCHREURS BW, SLOOFF TJ BUMA P GARDENIERS JW HUISKES R. Acetabular reconstruction with impacted morsellised cancellous bone graft and cement. A 10- to 15-year follow-up of 60 revision arthroplasties. *J Bone Joint Surg Br.* 80 (3), 391-395. 1998.
  134. KLIGMAN M, PADGETT DE VERED R ROFFMAN M. Cortical and cancellous morselized allograft in acetabular revision total hip replacement: minimum 5-year follow-up. *J Arthroplasty* 18, 907-913. 2003.
  135. PAPROSKY WG, SEKUNDIAK TD. Total acetabular allografts. *Instr Course Lect* 48, 67-76. 1999.
  136. OAKESHOTT, R. D., MORGAN, D. A. F., ZUKOR, D. J., RUDAN, J. F., BROOKS, P. J., and GROSS, A. E. Revision total hip arthroplasty with osseus allograft reconstruction: A clinical and roentgenographic analysis. *Clin Orthop* 225, 37-61. 1987.
  137. PIRIOU P, SAGNET F NORTON MR DE LOUBRESSE CG JUDET T. Acetabular component revision with frozen massive structural pelvic allograft: average 5-year follow-up. *J Arthroplasty* 18, 562-569. 2003.
  138. BRIEN, W. W., WARWICK, J. B., SALVATI, E. A., WILSON, P. D., and PELLICCI, P. M. Acetabular reconstruction with a bipolar prosthesis and morselled bone grafts. *J Bone Joint Surg Am* 72 A, 1230-1235. 1990
  139. EMERSON, R. H. JR., HEAD, W., BERKLACICH, F. M., and MALININ, T. I. Noncemented acetabular revision arthroplasty using allograft bone. *Clin Orthop* 249, 30-43. 1989.
  140. JEFFERY M, SCOTT G FREEMAN M. Failure of an uncemented non-porous metal-backed prosthesis with augmentation using impacted allograft for acetabular revision 12- to 17-year results. *J Bone Joint Surg Br.* 85-B, 182-186. 2003.
  141. HEAD, W. C., BERKLACICH, F. M., MALININ, T. I., and EMERSON, R. H. JR. Proximal femoral allografts in revision total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 225, 22-36. 1987.
  142. HEAD WC, EMERSON RH JR MALININ TI. Structural bone grafting for femoral reconstruction. *Clin Orthop* 369, 223-229. 1999.
  143. HADDAD FS, SPANGELH MJ MASRI BA GARBUZ DS DUNCAN CP. Circumferential allograft replacement of the proximal femur. A critical analysis. *Clin Orthop* 371, 98-107. 2000.
  144. RAMON R, SEGUR JM GALLART X GARCIA S RIBA J COMBALIA A DOMINGO A SUSO S. The use of proximal femoral allografts in revision total hip arthroplasty. *Ann Transplant* 6 (1), 32-35. 2001.
  145. LEOPOLD SS, BERGER RA ROSENBERG AG JACOBS JJ QUIGLEY LR GALANTE JO. Impaction allografting with cement for revision of the femoral component. A minimum four-year follow-up study with use of a precoated femoral stem. *J Bone Joint Surg Am* 81 A, 1080-1092. 1999.
  146. MEDING JB, RITTER MA KEATING EM FARIS PM. Impaction bone-grafting before insertion of a femoral stem with cement in revision total hip arthroplasty. A minimum two-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 79 A, 1834-1841. 1997.
  147. FLUGSRUD GB, OVRE S GROGAARD B NORDSLETTEN L. Cemented femoral impaction bone grafting for severe osteolysis in revision hip arthroplasty. Good results at 4-year follow-up of 10 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 120 (7-8), 386-389. 2000.
  148. PITTO RP, DI MURIA GV HOHMANN D. Impaction grafting and acetabular reinforcement in revision hip replacement. *Int Orthop* 22 (3), 161-164. 1998.
  149. CABANELA ME, TROUSDALE RT BERRY DJ. Impacted cancellous graft plus cement in hip revision. *Clin Orthop* 417, 175-182. 2003.
  150. HALLIDAY BR, ENGLISH HW TIMPERLEY AJ GIE GA LING RS. Femoral impaction grafting with cement in revision total hip replacement. Evolution of the technique and results. *J Bone Joint Surg Br.* 85-B, 809-817. 2003.
  151. INCAVO SJ, MIHALICH RM COUGHLIN KM. A stem-allograft composite for femoral revision in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 18, 1064-1066. 2003.
  152. HADDAD FS, DUNCAN CP BERRY DJ LEWALLEN DG GROSS AE CHANDLER HP. Periprosthetic femoral fractures around well-fixed implants: use of cortical onlay allografts with or without a plate. *J Bone Joint Surg Am* 84-A, 945-950. 2002.
  153. BARDEN B, DING Y FITZEK JG LOER F. Strut allografts for failed treatment of periprosthetic femoral fractures: good outcome in 13 patients. *Acta Orthop Scand* 74, 146-153. 2003.
  154. GHAZAVI MT, STOCKLEY I YEE G DAVIS A GROSS AE. Reconstruction of massive bone defects with allograft in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 79 (1), 17-25. 1997
  155. STOCKLEY, I. and GROSS, A. E. Allograft reconstruction in total knee arthroplasty. (Allografts in Orthopaedic Practice), 175-196. 1992. Baltimore, A.A. CZITROM and A.E. GROSS, WILLIAMS and WILKINS.
  156. STOCKLEY, I., MCAULEY, J. P., and GROSS, A. E. Allograft reconstruction in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 74 B, 393-397. 1992.
  157. Clatworthy MG, Ballance J Brick GW Chandler HP Gross AE. The use of structural allograft for uncontained defects in revision total knee arthroplasty. A minimum five-year review. *J Bone Joint Surg Am* 83-A, 404-411. 2001.
  158. DENNIS DA. The structural allograft composite in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 17 (Suppl 1), 90-93. 2002.
  159. LONNER JH, LOTKE PA KIM J NELSON C. Impaction grafting and wire mesh for uncontained defects in revision knee arthroplasty. *Clin Orthop* 404, 145-151. 2002.

160. SUAREZ-SUAREZ MA, MURCIA A MAESTRO A. Filling of segmental bone defects in revision knee arthroplasty using morsellized bone grafts contained within a metal mesh. *Acta Orthop Belg* 68, 163-167. 2002.
161. KASSAB M, ZALZAL P AZORES GM PRESSMAN A LIBERMAN B GROSS AE. Management of periprosthetic femoral fractures after total knee arthroplasty using a distal femoral allograft. *J Arthroplasty* 19, 361-368. 2004.
162. WHITESIDE, L. A. Cementless revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 286, 160-167. 1993.
163. LIEBERMAN, J. R., CALLAWAY, G. H., SALVATI, E. A., PELLICCI, P. M., and BRAUSE, B. D. Treatment of the infected total hip arthroplasty with a two-stage reimplantation protocol. *Clin Orthop* 301, 205-212. 1994.
164. NEER CS 2ND, MORRISON DS. Glenoid bone-grafting in total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 70 A, 1154-1162. 1988.
165. STEINMANN SP, COFIELD RH. Bone grafting for glenoid deficiency in total shoulder replacement. *J Shoulder Elbow Surg* 9 (5), 361-367. 2000.
166. HILL JM, NORRIS TR. Long-term results of total shoulder arthroplasty following bone-grafting of the glenoid. *J Bone Joint Surg Am* 83 A, 877-883. 2001.
167. ANTUNA SA, SPERLING JW COFIELD RH ROWLAND CM. Glenoid revision surgery after total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 10 (3), 217-224. 2001.
168. DEAN GS, HOLLIGER EH 4TH URBANIAK JR. Elbow allograft for reconstruction of the elbow with massive bone loss. Long term results. *Clin Orthop* 341, 12-22. 1997.
169. LEE, D. H. Impaction allograft bone-grafting for revision total elbow arthroplasty. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 81 A, 1008-1012. 1999.
170. KAY RM, ECKARDT JJ. Total elbow allograft for twice-failed total elbow arthroplasty. A case report. *Clin Orthop* 303, 135-139. 1994.
171. MANSAT P, ADAMS RA MORREY BF. Allograft-prosthesis composite for revision of catastrophic failure of total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 86-A, 724-735. 2004.
172. BUTTERMANN, G. R., GLAZER, P. A., and BRADFORD, D. S. The use of bone allografts in the Spine. *Clin Orthop Mar*; 17(324), 75-85. 1996.
173. RAO, S., YADAV, A., and GALVAN, R. Posterior cervical spine stabilization under local anesthesia. *J Spinal Disord* 3, 250-254. 1990.
174. STABLER, C. L., EISMONT, F. J., BROWN, M. D., GREEN, B. A., and MALININ, T. I. Failure of posterior cervical fusions using cadaveric bone graft in children. *J Bone Joint Surg Am* 67 A, 370-375. 1985.
175. EPSTEIN NE. Posterior cervical fusion failure in three morbidly obese patients following circumferential surgery. *Surg Neurol* 60, 205-210. 2003.
176. CLOWARD, R. B. The anterior approach for removal of an ruptured cervical disks. *J Neurosurg* 15, 602-617. 1958.
177. GROSSMAN, W. C., PEPPELMAN, W. C., BAUM, J. A., and KRAUS, D. R. The use of freeze-dried fibular allograft in anterior cervical fusion. *Spine* 17, 565-569. 1992.
178. MALININ, T. I., ROSOMOFF, H. L., and SUTTON, C. H. Humeral cadaver femoral head homografts for anterior cervical spine fusions. *Surg Neurol* 7, 249-251. 1977.
179. SCHNEIDER, J. R. and BRIGHT, R. W. Anterior cervical fusion using preserved allografts. *Transplant Proc.* 1976 8S, 73-76.
180. MALLOY, K. M. HILIBRAND A. S. Autograft versus allograft in degenerative cervical disease. *Clin Orthop* 394, 27-38. 2002
181. BROWN, M. D., MALININ, T. I., and DAVIS, P. B. A roentgenographic evaluation of frozen allografts versus autografts in anterior cervical spine fusions. *Clin Orthop* 119, 231-236. 1976.
182. HANLEY, E. N. JR., HARVEL, J. C. JR., SHAPIRO, D. E., and KRAUS, D. R. Use of allograft bone in cervical spine surgery. *Semin Spine Surg* 1, 262-270. 1989.
183. ZDEBLICK, T. A. and DUCKER, T. B. The use of freeze-dried allograft bone for anterior cervical fusions. *Spine-16*. 1991.
184. SAMARTZIS D, SHEN FH MATTHEWS DK YOON ST GOLDBERG EJ AN HS. Comparison of allograft to autograft in multilevel anterior cervical discectomy and fusion with rigid plate fixation. *Spine J* 3, 451-459. 2003.
185. RISH, B. L., MCFADDEN, J. T., and PENIX, J. O. Anterior cervical fusion using homologous bone graft. *Surg Neurol*, 119-121. 1976.
186. YOUNG, W. F. and ROSENWASSER, R. H. An early comparative analysis of the use of fibular allograft versus autologous iliac crest graft for interbody fusion after anterior cervical discectomy. *Spine* 18, 1123-1124. 1993.
187. SUCHOMEL P, BARSA P BUCHVALD P SVOBODNIK A VANICKOVA E. Autologous versus allogenic bone grafts in instrumented anterior cervical discectomy and fusion: a prospective study with respect to bone union pattern. *Eur Spine J, Epub ahead of print*. 2004.
188. HERKOWITZ, H. N. A comparison of anterior cervical fusion, laminectomy, and cervical laminoplasty for the surgical management of multiple level spondylotic radiculopathy. *Spine* 13, 774-780. 1988.
189. ZHANG ZH, YIN H YANG K ZHANG T DONG F DANG G LOU SQ CAI Q. Anterior intervertebral disc excision and bone grafting in cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 8 (1), 16-19. 1983.
190. Bueff, H. U. and LaRocca, S. H. Osseous union rates in simultaneous anterior and posterior cervical fusion for multilevel spondylosis. A preliminary report. *Orthop Trans* 16, 794. 1993.
191. VACCARO, A. R. and CIRELLO, J. The use of allograft bone and cages in fractures of the cervical, thoracic and lumbar spine. *Clin Orthop* 394, 19-26. 2002.

192. AN, H. S., SIMPSON, J. M., GLOVER, J. M., and STEPHANY, J. Comparison between allograft plus demineralized bone matrix versus autograft in anterior cervical fusion: A prospective multicenter study. *Spine* 20, 2211-2216. 1995.
193. SEGAL, H. D. and HARWAY, R. A. The use of fibular grafts with anterior cervical fusion. *Orthop Rev* 213, 367-369. 1992.
194. BRIDWELL, K. H., O'BRIEN, M. F., LENKE, L. G., BALDUS, C., and BLANKE, K. Posterior spinal fusion supplemented with only allograft bone in paralytic scoliosis. *Spine* 19, 2658-2658. 1994
195. KNAPP, D. R. JR. and JONES, E. T. Use of cortical cancellous allograft for posterior spinal fusion. *Clin Orthop* 229, 99-106. 1988.
196. MCCARTHY, R. E., PEEK, R. D., MORRISY, R. J., and HOUGH, A. J. Allograft bone in spinal fusion for paralytic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 68 A, 370-375. 1986.
197. HERRON, L. D. AND NEWMAN, M. A. The failure of ethylene oxide gas-sterilized freeze-dried bone graft for thoracic and lumbar spine fusion. *Spine* 14, 496-500. 1989.
198. AURORI, B. F., WEIERMAN, R. J., LOWELL, H. A., NADEL, C. I., and PARSONS, J. R. Pseudoarthrosis after spinal fusion for scoliosis. *Clin Orthop* 199, 153-158. 1985.
199. FABRY, G. Allograft versus autograft bone in idiopathic scoliosis surgery. A statistical analysis. *J Pediatr Orthop* 11, 465-468. 1991.
200. DODD, C. A. F., FERGUSSON, C. M., FREEDMAN, L., HOUGHTON, G. R., and THOMAS. Allograft versus autograft bone in scoliosis surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 70 B, 431-434. 1988.
201. MONTGOMERY, D. M., ARONSON, D. D., LEE, C. L., and LAMONT, R. L. Posterior spinal fusion: Allograft versus autograft bone. *J Spinal Disord* 3, 370-375. 1990.
202. NASCA, R. J. and WHELCHER, J. D. Use of cryopreserved bone in spinal surgery. *Spine* 12, 222-227. 1987.
203. MAY, V. R. and MAUCK, W. R. Exploration of the spine for pseudoarthrosis following spinal fusion in the treatment of scoliosis. *Clin Orthop* 53, 115-122. 1967.
204. PRICE CT, CONNOLLY JF CARANTZAS AC ILYAS I. Comparison of bone grafts for posterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 28, 793-798. 2003.
205. MORALES, D. O., PETTINE, K. A., and SALIB, R. N. A biomechanical study of bone allografts. *Orthop Trans* 17, 12. 1993.
206. SIFF TE, KAMARIC E NOBLE PC ESSES SI. emoral ring versus fibular strut allografts in anterior lumbar interbody arthrodesis. A biomechanical analysis. *Spine* 24, 659-665. 1999.
207. KLEINSTUECK, F. S., HU, S. S., and BRADFORD, D. S. Use of allograft femoral rings for spinal deformity in adults. *Clin Orthop*, 84-91. 2002.
208. BRIDWELL KH, LENKE LG MCENERY KW BALDUS C BLANKE K. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? *Spine* 20, 1410-1418. 1995.
209. MEDING, J. B. AND STAMBOUGH, J. L. Critical analysis of strut grafts in anterior spinal fusions. *J Spinal Disord* 6, 166-175. 1993
210. EHRLER DM, VACCARO AR. The use of allograft bone in lumbar spine surgery. *Clin Orthop* 371, 38-45. 2000.
211. MOLINARI RW, BRIDWELL KH KLEPPS SJ BALDUS C. Minimum 5-year follow-up of anterior column structural allografts in the thoracic and lumbar spine. *Spine* 24 (10), 967-972. 1999.
212. GOVENDER S, PARBHOO AH. Support of the anterior column with allografts in tuberculosis of the spine. *J Bone Joint Surg Br.* 81 B, 106-109. 1999.
213. OZDEMIR HM, US AK OGUN T. The role of anterior spinal instrumentation and allograft fibula for the treatment of pott disease. *Spine* 28, 474-479. 2003.
214. VANDERSCHOT P, CALUWE G LATEUR L BROOS P. The use of 'hybrid' allografts in the treatment of fractures of the thoracolumbar spine: first experience. *Eur Spine J* 10, 64-68. 2001.
215. SINGH, K., DEWALD, C. J., HAMMERBERG, K. W., and DEWALD, R. L. Long structural allografts in the treatment of anterior spinal column defects. *Clin Orthop* 394, 121-129. 2002.
216. JORGENSON, S. S., LOWE, T. G., FRANCE, J., and SABIN, J. A prospective analysis of autograft versus allograft in posterolateral lumbar fusion in the same patient: A minimum of 1-year followup in 144 patients. *Spine* 19, 2048-2053. 1994.
217. ZUCHERMAN, J., BRACK, S., HSU, K., and LEVENGOOD, G. Demineralized allograft in posterior lateral fusions: Clinical efficacy in a prospective study. *Orthop Trans* 17, 13. 1993.
218. NUGEAT, P. J. and DAWSON, E. G. Intertransverse process lumbar fusion with allogenic fresh-frozen bone graft. *Clin Orthop* 287, 107-111. 1993.
219. WEST, J. L., OGILVIE, J. W., and BRADFORD, D. S. Pedicle screw-plate fixation with allograft bone. *Orthop Trans* 15, 733. 1994.
220. AN, H. S., LYNCH, K., and TOTH, J. Prospective comparison of autograft vs. allograft for adult posterolateral lumbar spine fusion: Differences among freeze-dried, frozen, and mixed grafts. *J Spinal Disord* 8, 131-135. 1995.
221. CLOWARD, R. B. The treatment of ruptured of lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion: Method of use of banked bone. *Ann Surg*, 987-992. 1952.
222. BLUMENTHAL SL, BAKER J DOSSETT A SELBY DK. The role of anterior lumbar fusion for internal disc disruption. *Spine* 13, 566-569. 1988.
223. DENNIS S, WATKINS R LANDAKER S DILLIN W SPRINGER D. Comparison of disc space heights after anterior lumbar interbody fusion. *Spine* 14, 876-878. 1989.

224. MERIL AJ. Direct current stimulation of allograft in anterior and posterior lumbar interbody fusions. *Spine* 19, 2393-2398. 1994.
225. HOLTE DC, O'Brien JP Renton P. Anterior lumbar fusion using a hybrid interbody graft. A preliminary radiographic report. *Eur Spine J* 3, 32-38. 1994.
226. KOZAK JA, HEILMAN AE O'BRIEN JP. Anterior lumbar fusion options. Technique and graft materials. *Clin Orthop* 300, 45-51. 1994
227. PETTINE, K. A. and SALIB, R. N. Femoral diaphyseal allograft for anterior lumbar interbody fusion: Long term followup. *Orthop Trans* 17, 12. 1993
228. LILJENQVIST U, O'BRIEN JP RENTON P. Simultaneous combined anterior and posterior lumbar fusion with femoral cortical allograft. *Eur Spine J* 7, 125-131. 1998.
229. BUTTERMANN GR, GLAZER PA HU SS BRADFORD DS. Revision of failed lumbar fusions. A comparison of anterior autograft and allograft. *Spine* 22, 2748-2755. 1997.
230. COHEN DB, CHOTIVICHIT A FUJITA T WONG TH HUCKELL CB SIEBER AN KOSTUIK JP LAWSON HC. Pseudarthrosis repair. Autogenous iliac crest versus femoral ring allograft. *Clin Orthop* 371, 46-55. 2000.
231. BENDO JA, SPIVAK JM NEUWIRTH MG CHUNG P. Use of the anterior interbody fresh-frozen femoral head allograft in circumferential lumbar fusions. *J Spinal Disord* 13, 144-149. 2000.
232. BRADFORD, D. S. Treatment of severe spondylolisthesis: A combined approach for reduction and stabilization. *Spine* 4, 423-429. 1979.
233. SMITH, M. D. and BOHLMAN, H. R. Spondylolisthesis treated by a single-stage operation combining decompression with in situ posterolateral and anterior fusion: An analysis of eleven patients who had long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 72 A, 415-421. 1990
234. GOLDBERG V.M. AND STEVENSON S. Bone transplantation. (Surgery of the musculoskeletal system Vol 1, Ed. 2), 115-150. 1989. New York, McCollister Everts, C (ed). *Churchill Livingstone*.
235. AARON, A. D. and WEIDEL, J. D. Allograft use in orthopaedic surgery. *Orthopedics* 17, 41-48. 1994.
236. MATHUR K, GILL SS DHILLON MS NAGI ON. Role of formalin-preserved allograft in fresh fractures with comminution. *Contemp Orthop* 28 (4), 338-345. 1994.
237. HORNICEK FJ, ZYCH GA HUTSON JJ MALININ TI. Salvage of humeral nonunions with onlay bone plate allograft augmentation. *Clin Orthop* 386, 203-209. 2001.
238. CROSBY LA, NORRIS BL DAO KD MCGUIRE MH. Humeral shaft nonunions treated with fibular allograft and compression plating. *Am J Orthop* 29 (1), 45-47. 2000.
239. WRIGHT TW, MILLER GJ VANDER GRIEND RA WHEELER D DELL PC. Reconstruction of the humerus with an intramedullary fibular graft. A clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br* 75 B, 804-807. 1993.
240. HERRERA M, CHAPMAN CB ROH M STRAUCH RJ ROSENWASSER MP. Treatment of unstable distal radius fractures with cancellous allograft and external fixation. *J Hand Surg Am* 24 (6), 1269-1278. 1999.
241. SZABO RM, HOTCHKISS RN SLATER RR JR. The use of frozen-allograft radial head replacement for treatment of established symptomatic proximal translation of the radius: preliminary experience in five cases. *J Hand Surg (Am)* 22 (2), 269-278. 1997.
242. MORONI A, CAJA VL SABATO C ROLLO G ZINGHI G. Composite bone grafting and plate fixation for the treatment of nonunions of the forearm with segmental bone loss: a report of eight cases. *J Orthop Trauma* 9 (5), 419-426. 1995.
243. BREEN T, GELBERMAN RH LEFFERT R BOTTE M. Massive allograft replacement of hemiarthral traumatic defects of the elbow. *J Hand Surg (Am)* 13 (6), 900-907. 1988.
244. CARTER PR, MALININ TI ABBEY PA SOMMERKAMP TG. The scaphoid allograft: a new operation for treatment of the very proximal scaphoid nonunion or for the necrotic, fragmented scaphoid proximal pole. *J Hand Surg (Am)* 14 (1), 1-12. 1989.
245. REHMAN, S., DAMRON, T. A., and GEEL, C. Humeral blade plate fixation of intercalary allografts and segmentally comminuted proximal humeral fractures: A preliminary report. *Injury* 31, 783-788. 2000.
246. KOUKKANEN, H., RÄTY, S., KORKALA, O., NISKANEN, R., AND SYRJÄNEN, K. J. Osteosynthesis and allogenic bone grafting in complex osteoporotic fractures. *Orthopedics* 24, 249-252. 2001.
247. SEGUR JM, TORNER P GARCIA S COMBALIA A SUSO S RAMON R. Use of bone allograft in tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 117 (6-7), 357-359. 1998.
248. VILLAS C, MORA G ARRIOLA FJ. Use of bone allografts in the surgical repair of tibial plateau fractures. *Rev Med Univ Navarra* 40 (3), 13-18. 1996.
249. KWIATKOWSKI K, CEJMER W SOWINSKI T. Frozen allogenic spongy bone grafts in filling the defects caused by fractures of proximal tibia. *Ann Transplant* 4 (3-4), 49-51. 1999.
250. HAIDUKEWYCH GJ, BERRY DJ. Nonunion of fractures of the subtrochanteric region of the femur. *Clin Orthop* 419, 185-188. 2004.
251. EBRAHEIM NA, SABRY FF ELGAFY H. Intramedullary fibular allograft and nail for treatment of femoral shaft nonunion. *Am J Orthop* 31 (5), 270-272. 2002.
252. JOHNSON EE, URIST MR. Human bone morphogenetic protein allografting for reconstruction of femoral nonunion. *Clin Orthop* 371, 61-74. 2000.
253. MCANDREW MP, NELSON RL. Allografting for traumatic intercalary femoral defects: a report of three cases. *J Orthop Trauma* 3 (3), 250-256. 1989.

254. WANG JW, WENG LH. Treatment of distal femoral nonunion with internal fixation, cortical allograft struts, and autogenous bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am* 85-A, 436-440. 2003.
255. EASLEY ME, TRNKA HJ, SCHON LC, MYERSON MS. Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 82 A, 613-624. 2000
256. MCGARVEY WC, BRALY WG. Bone graft in hind-foot arthrodesis: allograft vs autograft. *Orthopedics* 19 (5), 389-394. 1996
257. SCHMIDT TL, CIMINO WG, SEIDEL FG. Allograft epiphysiodesis for slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop* 322, 61-76. 1996
258. HERSHEY AL, BEALS RK. Osteoarticular allograft reconstruction for recurrent post-traumatic dislocation of the hip. *Orthop Rev* 23 (7), 593-597. 1994.
259. MUSCOLO DL, AYERZA MA, APONTE-TINAO LA. Long-term results of allograft replacement after total calcanectomy. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Am* 82 A, 109-112. 2000. c
260. TRUMBLE TE, RAFIJAH G, GILBERT M, ALLAN CH, NORTH E, MCCALLISTER WV. Thumb trapeziometacarpal joint arthritis: partial trapeziectomy with ligament reconstruction and interposition costochondral allograft. *J Hand Surg (Am)* 25 (1), 61-76. 2000.
261. MARCZYNSKI W, KOMENDER J, BARANSKI M, KRAUZE K. Frozen and radiation-sterilized bone allografts in the treatment of post-traumatic malformation of bones. *Ann Transplant* 4 (3-4), 36-40. 1996.
262. GASCH BLASI, J., RIBAS FERNÁNDEZ, M., and VILARRUBIAS GUILAMET, J. M. Reconstrucción de los defectos de la cresta iliaca mediante aloinjerto congelado. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 46 (2), 149-153. 2002.
263. Yagishita K, Thomas BJ. Use of allograft for large Hill-Sachs lesion associated with anterior glenohumeral dislocation. A case report. *Injury* 33, 791-794. 2002.