

## Artículo de revisión

# Banco de hueso. Tecnología avanzada

Dr. Jorge Alvarado García,\* Dr. Rafael Alvarado García\*\*

### Resumen

El banco de hueso es una realidad en nuestro tiempo. La implantación de injertos óseos es una de las técnicas quirúrgicas más utilizadas en los servicios de ortopedia. Se usa en pacientes con tumores óseos malignos y benignos; en deformidades del raquis; en displasias óseas y en pacientes traumatizados. La creación de los bancos de hueso ha servido para que el cirujano ortopédico tenga a su alcance el material necesario para reconstruir estructuras óseas sin grandes obstáculos económicos y lograr excelentes resultados especialmente en niños en quienes el uso de prótesis está limitado debido a su crecimiento constante.

**Palabras clave:** Banco de hueso, injerto óseo, displasia ósea, tumores malignos, traumatismos.

### Introducción

Una de las técnicas quirúrgicas más utilizadas en los servicios de ortopedia y traumatología es la implantación de injertos óseos. Muchos pacientes requieren injertos; entre ellos destacan los afectados por tumores óseos, malignos y benignos que serán tratados con cirugía conservadora: resección del tumor y colocación de un injerto córtico esponjoso. Esto es especialmente importante en niños, en quienes el uso de prótesis está limitado debido a su constante crecimiento; en los pacientes con deformidades del raquis que requieren amplias artrodesis y abundante tejido esponjoso; en casos con múltiples displasias óseas frecuentes en algunos síndromes genéticos, o en pacientes traumatizados; para recambio de artroplastias, etc. con un defecto óseo que hay que restaurar. La población entre la segunda y tercera décadas de la vida presentan la mayor frecuencia de lesiones traumáticas con pérdidas importantes de tejido óseo<sup>1-3</sup>.

\* Servicio de Ortopedia. Hospital General Darío Fernández, ISSSTE.

\*\* Servicio de Cirugía Pediátrica. CMN 20 de Noviembre, ISSSTE.

Correspondencia: Dr. Jorge Alvarado García. Serafín Olarte núm. 88. Col. Independencia, México 03630, DF.

Recibido: agosto, 2002. Aceptado: noviembre, 2002.

La versión completa de este artículo también está disponible en internet: [www.revistasmedicasmexicanas.com.mx](http://www.revistasmedicasmexicanas.com.mx)

### Abstract

Bone banks are a reality in our time. Implanting bone grafts is one of the most employed surgical techniques in orthopedics services. They are used in patients with malignant and benign tumors; in rachis deformities; in bone dysplasia and traumatized patients. The creation of bone banks has served the orthopedic surgeon with easy access to bone grafts whenever needed to reconstruct bone structures without excessive cost and with excellent results especially in children in whom the use of prosthesis is limited because of their constant growth.

**Key words:** Bone bank, bone graft, bone dysplasia, malignant tumors, benign tumor, trauma.

Se puede recurrir a injertos óseos del propio enfermo (hueso autólogo), de otro ser humano (hueso homólogo, aloinjerto) y en algunas ocasiones de animal (hueso heterólogo).

Existen dos tipos de injerto óseo dependiendo de sus características anatómicas: el hueso esponjoso y el cortical; ambos pueden obtenerse del mismo paciente, pero en forma limitada. Por esta razón, disponer de abundante hueso esponjoso o cortical siempre ha sido una necesidad del cirujano ortopédico y actualmente ya es posible gracias al banco de hueso<sup>4-6</sup>.

Muchos estudios han revelado que el hueso criopreservado de donantes pierde antigenicidad y puede ser utilizado en cualquier paciente sin riesgo de rechazo.

La necesidad de los injertos óseos y los conocimientos científicos actuales han permitido el funcionamiento de los bancos de hueso, unidades de almacenamiento de huesos obtenidos de donantes. El hueso esponjoso se usa con más frecuencia en pacientes que requieren una artroplastia de sustitución de cadera. El hueso completo puede obtenerse en las primeras 24 horas de donantes universales o de personas fallecidas recientemente. Este tipo de aloinjertos sólo deben realizarse en servicios integrados de un hospital general que reúna las condiciones mínimas para obtención de injertos; que garantice el mantenimiento perfecto del banco de huesos; donde se realicen técnicas quirúrgicas especializadas y que ofrezca cuidados postoperatorios especiales.

Disponer de un banco de hueso aumenta la capacidad del cirujano ortopédico para reconstruir estructuras óseas y lograr excelentes resultados <sup>7</sup>.

El objetivo de este trabajo es informar a los cirujanos las posibilidades a nuestro alcance, sin grandes obstáculos económicos y los principios básicos de un banco de hueso, el manejo de los injertos, el marco jurídico y las ventajas de la utilización de ciertos tejidos.

### Antecedentes históricos

La simple idea mecanicista de sustituir una pieza gastada o malformada por otra nueva, ha sido una de las más persistentes en la historia de la humanidad <sup>8</sup>.

Los primeros antecedentes científicos se iniciaron en 1879 cuando Macewen trató por primera vez una pseudoartrosis de húmero con hueso de una pierna amputada. En 1905 Judet y Lexter en 1908, publicaron sendas series de aloinjertos osteocartilaginosos con buenos resultados en más de la mitad de los casos <sup>9,10</sup>.

Carrell en 1912 y Phemister en 1914 realizaron injertos óseos cuyos resultados siguen vigentes. En 1951, Sicard creó el primer banco de huesos en forma organizada. Los recientes trabajos publicados en Francia por Merle D'Aubigne y Duparc; en Estados Unidos por Basset, Danis y Parrish y en Argentina por Ottolenghi, tratan acerca de la antigenicidad, obtención y manejo de injertos <sup>11-14</sup>.

En la actualidad son pioneros en este campo los trabajos de los rusos Volkoff e Immamaliev y por el norteamericano Mankin de Boston, sobre implantes de aloinjertos cartilaginosos de segmentos articulares completos <sup>15,16</sup>, y los realizados por Parhofer en Alemania en diversos hospitales centroeuropeos utilizando hueso previamente conservado con procedimientos más económicos y menos complejos, que han permitido su difusión. Son trabajos de menos alcance, ya que en este tipo de banco de hueso no se consigue conservar cartílagos articulares.

Muchos y muy diversos son los métodos que se han empleado para la conservación de injertos óseos. Destacan los siguientes:

- Líquidos conservadores.
- Desección al vacío o liofilización.
- Esterilización en óxido de etileno.
- Irradiación.
- Criopreservación.

*Líquidos conservadores.* Son principalmente las betapropiolactonas y el merthiolate de sodio, antisépticos

que permitían conservar el hueso, pero alteraban profundamente sus cualidades, dejando impregnados los tejidos. Han sido desechados <sup>16,17</sup>.

*Desección al vacío o liofilización.* Este método permite conservar de forma indefinida los injertos, pero altera mucho las propiedades mecánicas de los injertos, lo que impide utilizarlos en situaciones que requieren resistir las exigencias mecánicas habituales. Aún así es un método vigente en muchos países a pesar de sus limitaciones <sup>17</sup>.

*Esterilización por óxido de etileno.* Este método se ha descartado por la alta toxicidad para los tejidos <sup>18</sup>.

*Esterilización por irradiación.* Se basa en la aplicación de elevadas dosis de rayos gamma o beta sobre los tejidos, para destruir virus, bacterias y hongos, pero tiene grandes inconvenientes, como los elevados costos de instalaciones, la persistencia de radioactividad en las piezas conservadas y la ausencia de la inactivación de enzimas proteolíticas <sup>18-24</sup>.

*Criopreservación.* Es el procedimiento más difundido en la mayoría de los bancos de hueso. La conservación de hueso puede ser por medios mecánicos o gases licuados.

El frío puede obtenerse de congeladores mecánicos para alcanzar temperaturas entre  $-30$  y  $-90^{\circ}$  C; o bien mediante gases licuados como nitrógeno líquido con los que se pueden alcanzar temperaturas hasta de  $-86^{\circ}$  C. Ambos procedimientos son relativamente fáciles de instalar, aunque los costos son muy diferentes. Aunque hay limitaciones para cada caso, su funcionamiento es seguro <sup>20,21,25-30</sup>.

### Marco jurídico en México

En la década de los años 1960-70 los trasplantes fueron aceptados en la clínica. En la siguiente década hubo un proceso de expansión y consolidación que dio origen a la legislación nacional. La Ley sobre extracción y trasplante de órganos apareció en el Reglamento del Código Sanitario del 27 de octubre de 1976; posteriormente se ampliaron e incorporaron a la nueva Ley General de Salud en febrero de 1984, así como a su Reglamento del 20 de febrero de 1985, con reformas incorporadas a la nueva Ley el 26 de noviembre de 1987. La Norma Técnica 323 para la disposición de órganos y tejidos de seres humanos con fines terapéuticos el 14 de noviembre de 1988; el instructivo del procurador General de Justicia del Distrito Federal, para los agentes del Ministerio Público sobre la misma materia el 10 de agosto de 1989 y finalmente las bases de coordinación con la Procuraduría General de la República el 23 de diciembre de 1991; todas publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

La ley sobre trasplantes de órganos tiene como pilares fundamentales en su validez social las siguientes características:

1°. Su gratuidad, es decir, que se prohíbe expresamente la comercialización de órganos y tejidos, "Los órganos no son bienes sujetos a comercio" Art. 321 de la Ley General de Salud.

2°. Su legitimidad. La Secretaría de Salud controla y autoriza a los centros hospitalarios en los que se pueda efectuar la extracción de órganos. Ar. 313, 314, 315, 316 y 317. Asimismo, en su capítulo XIV, reglamenta la materia sobre obtención, utilización, almacenamiento, conservación, suministro y destino final de órganos y tejidos y sus derivados; productos de cadáver de seres humanos incluyendo los embriones y fetos con fines terapéuticos de docencia o investigación.

### Principios fundamentales de un banco de hueso actual

La mayor parte de los bancos de hueso, basan su funcionamiento en tres principios esenciales:

- Conservación a temperaturas moderadamente bajas que oscilan entre  $<20$  y  $<40^{\circ}$  C. Esto tiene la ventaja fundamental que se pueden obtener con congeladores de uso doméstico, con importante ahorro económico, sin afectar la seguridad. Una segunda ventaja es que permite la degradación de las proteínas superficiales de las células, lo que impide la aparición de fenómenos antigénicos<sup>26,32,33</sup>.

- Degradación de las proteínas superficiales (inmunoproteínas). Sin embargo, influye negativamente sobre la incorporación del hueso injertado a su lecho, debido a que la temperatura de conservación es de  $<40^{\circ}$  C. Las proteínas superficiales o inmunoproteínas que recubren las células, se degradan, pierden su estructura y su capacidad antigénica<sup>32,34</sup>.

- Escasa repercusión sobre las proteínas estructurales. Las proteínas estructurales del tejido colágeno también se degradan parcialmente, lo que ocasiona una alteración leve de la resistencia mecánica del hueso, que se mantiene aproximadamente en un 90%, muy superior a la resistencia de un hueso irradiado, liofilizado o conservado en líquido; en cambio, es algo inferior a la resistencia de injertos conservados a temperaturas superiores a  $<80^{\circ}$  C, que llega a ser de 110%<sup>34,35</sup>.

### Fuente de los injertos

Las principales fuentes de obtención de injertos de un Banco de Hueso de las características anteriores son: 1) Cabezas

femorales y humerales procedentes de sustituciones protésicas; 2) epífisis distales de fémur o proximales de tibia procedentes de amputaciones.

La fuente principal y casi exclusiva de injertos son las cabezas femorales obtenidas de fracturas subcapitales de fémur a las que se les coloca una prótesis o cabezas femorales de enfermos en quienes se emplea una prótesis para sustituir un hueso afectado de un proceso degenerativo. Esta fuente tiene una ventaja práctica fundamental: no implica una dificultad técnica ni representa pérdida de tiempo. Además, las cabezas femorales, son tejidos esponjosos con dos características primordiales favorables, biológicas y mecánicas:

*Biológicas.* Siendo un hueso esponjoso, pierde sus características antigénicas por degradación parcial de sus proteínas, después de haber sido sometido durante tres semanas a un proceso de criopreservación con temperaturas moderadamente bajas. Esto garantiza su viabilidad e inocuidad y permite su incorporación y rehabilitación por el hueso huésped, de manera más fácil y rápida que el hueso cortical, puesto que el injerto óseo nunca es un auténtico injerto sino que es una matriz que debe rehabilitarse<sup>36-38</sup>.

*Mecánicas.* La segunda cualidad excepcional del hueso esponjoso de las cabezas femorales es su resistencia, muy superior a la de cualquier otro hueso esponjoso del organismo, lo que permite aceptar cargas mecánicas de relativa intensidad<sup>39,40</sup>. Con esta fuente de injertos pueden cubrirse, casi por completo las necesidades de un banco de hueso.

### Instalación de un banco de hueso

Un banco de hueso debe incluir un congelador del tipo arcón, lo que garantiza menor variación de la temperatura cuando se abre, sobre todo si se restringe el número de aperturas al mínimo indispensable. No es necesario que tenga gran capacidad; basta que sea de 100 a 250 L. No es recomendable conservar una gran cantidad de injertos debido a que una de las desventajas de la conservación a temperaturas moderadamente bajas es que el hueso tendrá una vigencia máxima de cinco meses.

Es conveniente que la red fría esté reforzada con una planta de luz propia. Con el mismo propósito otra precaución es ocupar la mayor parte del arcón no utilizado con bolsas de plástico llenas de agua. El congelador, debe tener un sistema de alarma que indique descensos o incrementos en la temperatura interior; también un termómetro de máxima y mínima conectado a un dispositivo situado de mane-

ra estratégica cerca del arcón, que actúe cuando la temperatura seleccionada previamente baja interior sea de  $-25^{\circ}$  C. Disponer asimismo de un registro gráfico de temperatura circular de siete días de duración, que marca las oscilaciones que haya en el congelador y que pueden afectar la conservación normal de las piezas, si fallan los sistemas de alarma.

Debe haber un segundo sistema de seguridad electroacústico en el mismo lugar donde se hallan las alarmas de oxígeno y una vigilancia constante que se activa cuando falla la energía eléctrica.

Son necesarios frascos de cristal con cierre hermético que puedan reciclarse. Los frascos con tapa de rosca o plástico, no son rigurosamente herméticos, lo que obligaría a utilizar un saco de plástico sellado para cada uno, que son aislantes y retardan la congelación.

Los frascos idóneos son de 500 cc. Es necesario un sistema para etiquetar los frascos con el nombre completo del donador, número de expediente y la fecha de extracción.

Se anexarán distintivos de color rojo, amarillo y verde, dependiendo de la fase en que se encuentre el injerto, hasta su definitiva utilización<sup>41-43</sup>.

### Protocolo de seguridad

Para tener seguridad al utilizar los injertos de un banco de hueso, es necesaria una adecuada y minuciosa evaluación de los donadores, una correcta sistematización de las hojas de protocolo y observar cuidadosamente el sistema de etiquetado para evitar posibles errores.

1. Evaluación del donador. La evaluación correcta y minuciosa del donador, incluye su historia clínica. Serán rechazados como donadores los individuos que tengan o hayan padecido:

- a) Signos activos de infección,
- b) neoplasias malignas,
- c) enfermedades autoinmunes,
- d) enfermedades de transmisión sexual (sífilis, SIDA),
- e) hepatitis,
- f) artritis reumatoide,
- g) enfermedades corticodependientes.

Realizada esta evaluación y descartada cualquier otra alteración de riesgo por los análisis habituales en todo donador y preoperatorio, se realizarán otros estudios específicos que en ningún caso deben omitirse.

Es indispensable contar con el consentimiento de donación y criopreservación de las piezas y con la autorización preoperatoria del receptor.

Los análisis especiales en los donadores son: determinación de los marcadores de la hepatitis B, investigación de VIH, serología luética, cultivo de pequeños fragmentos de la pieza, estudio histopatológico.

2. Evaluación del receptor. En los enfermos receptores se harán los siguientes análisis: determinación de los marcadores de la hepatitis B, investigación de VIH, serología luética.

Todos estos datos, deben anotarse en una ficha de protocolo que será enumerada en forma progresiva y donde se registrarán además, el número progresivo de ficha, el nombre completo del donador, su edad en años cumplidos, el diagnóstico previo a la intervención, el resultado de los exámenes específicos realizados para este efecto, el grupo sanguíneo y Rh y la fecha de la extracción de la pieza.

Conviene conocer el grupo sanguíneo del donante, pues no es necesario que coincida con el del receptor. Si es posible, se usará el de un grupo idéntico.

En la ficha de protocolo, se debe dejar espacio suficiente para registrar datos respecto a la utilización del injerto: número de historia clínica, nombre completo del receptor, edad del receptor, el diagnóstico previo a la intervención, fecha de utilización del injerto.

A los receptores de injertos se les realizarán exámenes de laboratorio similares a los del donador y se registrarán en la ficha de protocolo con objeto de prevenir problemas legales posteriores.

Las fichas de protocolo deben tener un espacio en la parte superior izquierda, para poder anexar unos distintivos adhesivos que se colocarán en forma gradual según la fase de autorización<sup>41,43-45</sup>.

### Manipulación de un injerto de banco de hueso

Se comienza por verificar que el donador fue aceptado; posteriormente se preparará una mesa accesoria y el material necesario para la manipulación de la pieza, con estrictas normas de asepsia.

La preparación del injerto para su introducción en el aparato congelador, debe someterse a los siguientes pasos: limpieza somera de restos con o sin desperiostización, lavado minucioso de la pieza, secado cuidadoso de la pieza, fragmentación o no previa a su almacenamiento, toma de muestras para cultivo, introducción en bolsa estéril de cierre hermético, colocación en frasco estéril, etiquetado del frasco, conservación en arcón.

Para esta manipulación se requieren bisturí, cucharilla, pinza gubia y una cápsula.

### **Utilización de los injertos de un banco de hueso**

El plazo mínimo para utilizar un injerto de banco de hueso debe ser de tres semanas, es decir, que sólo podrán ser utilizadas las piezas cuyas pruebas previas sean satisfactorias y que lleven al menos tres semanas en criopreservación dentro del arcón.

El plazo máximo para utilizar injertos es de cuatro a cinco meses, aunque en general es difícil alcanzar este plazo, debido a que cada día el consumo suele ser más frecuente y la rotación y permanencia de las piezas en el banco no alcanza ese tiempo.

Cuando se va a utilizar un injerto, la o las piezas se extraen del congelador en la mañana del día de la intervención, para iniciar su descongelamiento a la temperatura ambiente. Al iniciar la intervención quirúrgica se toman los injertos de los frascos con normas estrictas de asepsia; las piezas se introducen en una cápsula llena con solución fisiológica tibias, en la que previamente existen antibióticos en solución. Una vez descongelada la pieza se reseca el cartílago articular, si no se realizó en el momento de su extracción del donador y se prepara el injerto según las necesidades.

La preparación del injerto puede hacerse en forma de papilla, en cuyo caso será triturado varias veces con un molino adecuado para tal efecto. Otra forma es tallar el injerto en forma precisa o sin fragmentar, utilizando las cabezas en su totalidad.

Las principales indicaciones para el uso de injertos de hueso son: fracturas, relleno de defectos óseos secundarios a traumatismos, pseudoartrosis, artrodesis, cirugía de reemplazo articular total, neoplasias y reconstrucciones articulares<sup>14,41-45</sup>.

### **Ventajas del uso de banco de hueso**

Las principales ventajas son:

Disminución del tiempo de intervención; disminución del tiempo de anestesia; menor extensión del campo quirúrgico; mayor comodidad para el paciente y el médico; ahorro económico para la institución; no se requiere cirugía previa para obtener el injerto óseo.

Por otra parte, el disponer del injerto de banco, permite realizar intervenciones que de otra manera no podrían ser efectuadas, como es el tratamiento de muchos tumores, que

de lo contrario tendrían que tratarse con la amputación de miembros. La realización de rescates protésicos sin disponibilidad de hueso de banco se limitarían a intervenciones de resección, sin posibilidad de colocar nueva prótesis<sup>5,7</sup>.

### **Discusión**

Aunque menos conocidos que los trasplantes de órganos, los implantes de tejidos humanos han adquirido en los últimos años mucha importancia. Se calcula que en Estados Unidos se realizan 250,000 implantes anualmente<sup>1</sup>.

Los tejidos humanos comparten con los órganos su origen en una donación de una persona viva o fallecida, lo que significa que existen semejanzas en cuanto a requisitos éticos y de seguridad para prevenir enfermedades transmisibles.

El trasplante de órganos y el implante de tejidos difieren en varios aspectos. 1°. En los implantes no existe la premura de tiempo que caracteriza al trasplante; no son una urgencia y esto permite hacer un estudio minucioso del tejido, desde su obtención hasta su implante. 2°. El uso de tejidos es una alternativa, ya que existen materiales protésicos, más aún si se trata de una cirugía electiva y prácticamente nunca tienen un carácter vital. 3°. Los implantes no tienen la limitación que hay en los trasplantes, es decir su escasez. En el caso del hueso se puede obtener una buena cantidad de un solo donador, por lo que en caso de una desproporción entre la oferta y la demanda ésta se supera con mejoras en la organización de los bancos, con aumento de recursos.

Los progresos actuales en el conocimiento básico de los procesos inmunológicos, de la biología reparadora de los tejidos y de los procedimientos de conservación, permitirán realizar a mediano plazo trasplantes vascularizados articulares totales de cartílago de crecimiento y epífisis articulares.

El futuro de los bancos de hueso modernos camina en dos sentidos fundamentales: En primer lugar, hacia la implantación de fuentes de obtención de huesos, de tal modo que en vez de emplear cabezas femorales de pacientes ancianos o con alguna patología articular, se puedan utilizar fragmentos óseos de individuos donadores sanos y jóvenes fallecidos accidentalmente. En segundo lugar, hacia la ampliación de las instalaciones que deberían ser muy especializadas, que permitan alcanzar temperaturas hasta de  $-86^{\circ}\text{C}$ , con lo que se podrían conservar segmentos articulares preservando vivo el cartílago, como se logra en refrigeradores computarizados para el descenso gradual de la temperatura con nitrógeno líquido.

Este futuro consideramos que puede no estar muy lejano, mediante la consecución de los medios materiales, autorizaciones necesarias y la integración del equipo de médicos responsables de una unidad; en el organigrama para la extracción de órganos de pacientes fallecidos, aptos para la donación y posterior realización de trasplantes de huesos<sup>17,21,23,43</sup>.

### Conclusión

Las ventajas de un banco de hueso no sólo son económicas, sino que reducen sufrimiento al paciente; disminuyen los riesgos de la intervención que conlleva el proceso previo a la donación; se acorta el tiempo quirúrgico; disminuye el número de transfusiones.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burwell RG. Osteogenesis in cancellous bone graft: Considered in terms of cellular changes, basic mechanisms in the perspective of growth-control and its possible aberrations. *Clin Orthop* 1965;40:35-47
- Enneking WF, Spanier SS, Goodman MA. Current concepts review: The surgical staging of musculoskeletal sarcoma. *J Bone Joint Surg* 1980;62A:1027-30
- Haddon WJr. Advances in epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Rep* 1980;95:411-21
- Siffert RS. Experimental bone transplant. *J Bone Joint Surg* 1955;27-A:742-58
- Itoman M, Nakamura S. Experimental study on allogenic bone grafts. *Int Orthop* 1991;14:161-5
- Solomon L. Bone grafts. *J Bone Joint Surg* 1991;73-B:787-9
- De Felipe C. Utilización de tejidos humanos: problemática e importancia de estas actividades. *Rev Esp Trasp* 1997;5:129-49
- Bollinger RR, Stickel DL. Transplantation Historical Aspects. En: DC Sabiston Fr. Ed. *Textbook of Surgery*. WB Saunders Co. Philadelphia 1991;pp438-46
- Lexer E. Joint transplantation and arthroplasty. *Surg Gynecol Obstet* 1925;40:782-809
- Macewen W. Observations concerning transplantation of bone. Illustrated by a case of inter-human osseous transplantation. Whereby over two-thirds of the shaft of the humerus was restored. *Proc Roy Soc London* 1881;32:232-47
- Ottolenghi CE. Massive osteoarticular bone graft transplant of the whole femur. *J Bone Joint Surg* 1966;48B:646-59
- Parrish FE. Treatment of bone tumors by total excision and replacement with massive autologous and homologous grafts. *J Bone Joint Surg* 1966;48A:968-90
- Parrish FE. Homografts of bone. *Clin Orthop* 1972;87:35-42
- Parrish FE. Allograft replacement of all or part of the end of a long bone following excision of a tumor. Report of twenty-one cases. *J Bone Joint Surg* 1973;55A:1-22
- Mankin M. Osteogenesis induced by vesical mucosal transplant in the Guinea-pig. *J Bone Joint Surg* 1962;44B:165-93
- Mankin HJ, Fogelson FS, Thasher AZ, Jaffer F. Massive resection and allograft transplantation in the treatment of malignant bone tumors. *N Engl J Med* 1976;294:1247-55
- Goldberg VM, Lance EM. Revascularization and accretion in transplantation. Quantitative studies of role of the allograft barrier. *J Bone Joint Surg* 1972;54A: 807-16
- Brown K, Cruess R. Bone and cartilage transplantation in orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg* 1982;64A:270-9
- Fitch FR, Doolan PT, Dwyer WM, Halls NA, Tallentire A. Towards microbiological quality assurance in radiation sterilization processing: simulation of the radiation inactivation process. *J Appl Bacteriol* 1985;58:307-13
- Poitout D, Novakovihtc G. Utilisation des allogreffes en oncologie et en traumatologie. *Int Orthop* 1987;11:169-78
- Sicard A, Mouly R. Conservation des greffons osseux (banque d'os). Techniques, résultats expérimentaux et cliniques. Masson, Paris 1954;123-9
- Spire B, Dormond D, Barre-Sinoussi F, Montage L, Chermann JC. Inactivation of lymphadenopathy-associated virus by heat, gamma rays and ultraviolet light. *Lancet* 1985;21:188-9
- Tomford WW, Frederickis GR, Mankin HJ. Cryopreservation of intact articular cartilage. *Trans Orthop Res Soc* 1982;7:176
- Transy MJ. La sterilization par les rayonnements ionisants. These Doctorat en Pharmacie, Lyon 1977;pp234-56
- Burchardt H. The biology of bone graft repair. *Clin Orthop* 1983;174:28-42
- Ehrlich MG, Lorenz J, Tomford W, Mankin HJ. Collagenous activity in banked bone. *Trans Orthop Res Soc* 1983;8:166
- Friedlaender GE. Current concepts. Review bone grafts. *J Bone Joint Surg* 1987;69A:786-90
- Mankin HJ, Doppelt SH, Tomford WW. Clinical experience with allograft implantation. The first ten years. *Clin Orthop* 1983;174:69-86
- Mckibbin B. Immature joint cartilage and the homograft reaction. *J Bone Joint Surg* 1971;53B:123-35
- Body HB. The treatment of difficult and unusual nonunions. With special reference to the bridging of defects. *J Bone Joint Surg* 1943;25:535-52
- Burchardt H, Jones H, Glowezewskie F, Rudner ChY, Enneking WF. Freeze-dried allogeneic segmental cortical-bone. *J Bone Joint Surg* 1978;60A:1028-90
- Burwell RG. Studies in the transplantation of bone. VIII Treated Composite Homograft-Autografts of Cancellous Bone: An analysis of inductive mechanisms in bone transplantation. *J Bone Joint Surg* 1966;48B:532-66
- Enneking WF, Burchardt H, Pulh JJ, Piotrowski D. Physical and biological aspects of repair in dog cortical bone transplants. *J Bone Joint Surg* 1975;57A:237-52
- Friedlaender GE, Mankin HJ, Sell KW. Osteochondral allografts. Biology, banking and clinical applications. Boston, Little Brown Co., 1983;pp233-56
- Heiple KG, Hendrick RE, Herndon CH, Chase SW. A critical evaluation of processed calf bone. *J Bone Joint Surg* 1967;49A:1119-27
- Hurwitz PJ. Experimental transplantation of small joints by microvascular anastomoses. *Plast J Reconstr Surg* 1979;64:221-31
- Muscolo DL, Hawai S, Ray RD. Cellular and humoral immune response analysis of bone-allografted rats. *J Bone Joint Surg* 1976;58A:826-32
- O'Brien BMcC. Microvascular free bone joint transfer. In:

- Microvascular Reconstructive Surgery. New York, Churchill Livingstone 1977;pp267-89
39. Porte BB, Lance EM. Limb and joint transplantation. A review of research and clinical experience. Clin Orthop 1974;104:249-74
  40. Delepine G, Delepine N. Résultats preliminaires de 79 allogreffes osseuses massives dans le traitement conservateur des tumeurs malignes de l'adulte et de l'enfant. Int Orthop 1988;12:21-9
  41. Mailinin TI. Cadaver bone allografts-bone banks. In: Orthopedics, Principles and their Application. Ed. SL Turck Philadelphia, JB Lippincott 1977;pp70-5
  42. Merle D'Aubigne R, Meary R, Thomine JM. La résection dans le traitement des tumeurs des os. Rev Chir Orthop 1966;52:305-24
  43. Muscolo DL, Daletti E, Schajowiez F, Santini EY, Makino N. Tissue-typing in human massive allografts of frozen bone. J Bone Joint Surg 1987;69A:580-95
  44. Masca RJ, Whelchel JD. Use of cryopreserved bone in spinal surgery. Spine 1987;3:222-7
  45. Volkov M. Allotransplantation of joints. J Bone Joint Surg 1970;52B:49-53

**Consulte *Acta Pediátrica de México* en Internet:**

[www.imbiomed.com.mx](http://www.imbiomed.com.mx)

[www.actapediatrmex.entornomedico.org](http://www.actapediatrmex.entornomedico.org)

[www.intramed.net](http://www.intramed.net)

E-mail:

[actapediatrmex@entornomedico.org](mailto:actapediatrmex@entornomedico.org)