

Informes Técnicos

# BANCO DE HUESOS: PROTOSCOLOS Y UTILIZACION

10

JUNTA DE ANDALUCIA  
*Consejería de Salud*

Informes Técnicos

# BANCO DE HUESOS: PROTOCOLOS Y UTILIZACION

DIRECCION GENERAL  
DE ORDENACION SANITARIA

Año de edición, 1991



JUNTA DE ANDALUCIA  
Consejería de Salud



## DATOS CATALOGRAFICOS

Andalucía, Junta. Consejería de Salud.

### BANCO DE HUESOS: PROTOCOLOS Y UTILIZACION

1. TRAUMATOLOGIA - ORTOPEDIA - HUESO Y HUESOS,  
FISIOLOGIA - ORTEOGENESIS - TRANSPLANTE  
HOMOLOGO - TRANSPLANTE AUTOLOGO -  
BANCO DE TEJIDOS - ANDALUCIA.
- I. Consejería de Salud. Dirección General  
de Ordenación Sanitaria.
- II. MELLA SOUSA, Mario.
- III. BANCO DE HUESOS: PROTOCOLOS Y UTILIZACION
- IV. Informe Técnico (nº 10).

Primera Edición, 1990.

©Consejería de Salud.  
Junta de Andalucía.

EDITA: Junta de Andalucía.  
Consejería de Salud.

DISEÑO Y COORDINACION DE LA PRODUCCION:  
Celestino Salas Vidal

I.S.B.N.: 84-87247-25-3  
Depósito Legal: SE-1989-1990

IMPRIME:  
Grafitrés, S.L.

AUTOR:  
Mario Mella Sousa.  
Profesor Asociado de Traumatología  
y Cirugía Ortopédica.  
Jefe de Sección,  
Hospital Universitario  
Virgen del Rocío de Sevilla.

	PAG.
PROLOGO	9
1. INTRODUCCION.	11
2. ANTECEDENTES HISTORICOS.	13
3. CONCEPTOS Y DEFINICIONES.	21
4. PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSERVACION DE LOS INJERTOS OSEOS:	23
PRODUCTOS QUIMICOS.	23
SOLUCIONES CRISTALOIDES.	24
LIOFILIZACION.	25
CONGELACION.	25
5. EL FRIO.	27
CAMBIOS FISICO-QUIMICOS DE LOS TEJIDOS.	27

PROPIEDADES DE CONGELACION.	29
AGENTES CRIOPROTECTORES.	30
6. METODOS PARA LA ESTERILIZACION DE LOS INJERTOS OSEOS.	31
7. BIOLOGIA DEL INJERTO OSEO.	35
8. INMUNOLOGIA DEL INJERTO OSEO.	41
9. PROPIEDADES BIOMECANICAS DEL INJERTO CONGELADO.	45
10. MATERIAL Y METODOS	47
EL CONGELADOR: INSTALACION Y MANEJO.	47
PROTOCOLOS DE SEGURIDAD.	48
OBTENCION DEL INJERTO.	49
PREPARACION DEL INJERTO.	53
UTILIZACION DEL INJERTO.	54
INSTRUMENTACION DEL INJERTO.	55
11. ESTUDIO ECONOMICO DE UN BANCO DE HUESOS.	59
12. ASPECTOS MEDICO-LEGALES DEL TRASPLANTE OSEO.	63
13. RESULTADOS.	67
ESTADISTICA DEL DEPARTAMENTO	67
UTILIZACION DEL INJERTO EN TRAUMATOLOGIA	70
UTILIZACION EL INJERTO EN CIRUGIA DE LA CADERA	72
UTILIZACION DEL INJERTO EN CIRUGIA DE LA COLUMNA	78
14. CONCLUSIONES.	91
15. BIBLIOGRAFIA.	93

# Prólogo

El prologar un libro como el que ha escrito el Dr. Mario Mella, resumen de una intensa y profunda labor es arduo difícil. Es el autor uno de los impulsores de los programas de trasplante óseo de la Comunidad Autónoma de Andalucía y vierte su entusiasmo y convicción en las páginas que siguen, demostrando el interés tanto científico como asistencial que suponen.

Si bien los intentos de utilización de injertos óseos vienen de antiguo, Ollier, en 1859, consigue uno primero con éxito, las grandes pérdidas óseas se saldaban con amputaciones y no es hasta el presente siglo cuando entran en terapéutica las reposiciones óseas, primero con hueso autólogo. El empleo de este tipo de material si bien conlleva ventajas claras, hueso fresco, del propio individuo, también arroja grandes inconvenientes, apertura de nuevo frente quirúrgico con el consiguiente trauma supletorio, prolongación del tiempo de intervención y las consecuencias que de ambos se derivan, en términos asistenciales, prolongación de las estancias, dolor, impotencia funcional y/o económicas.

El progreso de la Traumatología en cirugía correctora/reparadora, unido a la exéresis amplia de tumores, nos llevan a la utilización de grandes piezas óseas, incluido hueso vascularizado, Ostunp en 1974 en Suecia y Taylor en 1975 en Australia abren nuevos caminos, que tendrán que ser obtenidos en los callos allogénicos de la dotación altruista por parte de las personas fallecidas.

Ha sido el Dr. Mella pionero en este enfoque y uno de los impulsores de que la donación ósea se contemple como una más dentro de la multiorgánica, contribuyendo a que esta llegue a ser casi la única, hemos asistido a que su porcentaje pase de un 29,5 % de las habidas en 1989 a un 52 % en el primer semestre de 1990, incluyendo en ellas por tanto las donaciones óseas.

La extensión de ese interés a otros grupos y hospitales hace que la Consejería de Salud normatice la creación y calificación de los Bancos de Huesos, para lo que recaba el asesoramiento de los profesionales, entre ellos el autor de este libro, definiéndolos como Bancos Oseos Locales y Bancos de Referencia, incluyéndolos dentro de la Red de Coordinación de Trasplantes de la Comunidad Autónoma.

El lector encontrará entre las páginas que nos siguen una completa descripción de la infraestructura y funcionamiento de un Banco de Huesos, así como recomendaciones surgidas a la luz de la experiencia ya que

añade a la literatura una visión actual, lejana ya de Inclán quién en 1942 publica el primer trabajo sobre Bancos de Huesos, que permite al lector adquirir perspectiva de futuro de lo que significa y será el injerto óseo en terapéutica humana.

Espero que ésta no sea la última publicación del Dr. Mella y los traumatólogos andaluces en este campo ya que siguen abriendo líneas de investigación, tanto básica como clínica, como es el injerto óseo vascularizado y otros.

*DR. JOSE LUIS MARTINEZ GONZALEZ  
Coordinador Autonómico de Trasplantes*

# 1. Introducción

A través de los tiempos, el cirujano ortopédico ha deseado tener una fuente de hueso abundante, que le permitiera realizar sus intervenciones, estas eran la mayor parte de las veces heridas de guerra con pérdida de sustancia de difícil solución y que terminaban en la amputación.

Fueron muchos los obstáculos y dificultades que se presentaron en la vía de la realización de estas ideas.

Los primeros intentos que se hicieron para la sustitución plástica de tejidos, fueron perseguidos por los diferentes credos religiosos y la vida de los médicos se vio con frecuencia amenazada por los fanáticos defensores de los mismos.

LEXER(1), cita un caso de una enferma operada por él, que después de varios años de haberle trasplantado la articulación de la rodilla de otra persona, exigió bajo la presión de la iglesia, que se le extirpase la rodilla injertada, por considerar que el tejido trasplantado, podía proceder de un individuo perteneciente a otra religión.

Sorprendentemente, aún hoy día, existe alguna secta religiosa en la que persisten estos condicionamientos.



## 2. Antecedentes históricos

Referencias al uso de la autoplasmia en la antigüedad, se encuentran en una vieja enciclopedia india que contiene la revelación brahmánica: el Yagurveda.

Si seguimos la tradición y según la leyenda (2) (3), fueron los santos COSME y DAMIAN, que estudiaron medicina en Siria, los primeros que hicieron un homotrasplante : trasplantaron la pierna de un moro muerto, a un abad al que se le había amputado una pierna por un tumor.

Esta escenas de trasplantes "milagrosos", han sido representadas a través de los tiempos por muchos pintores: FRAY ANGELICO (Foto 1), HUGET, PESELLO, etc.

### Auto y homotrasplantes óseos en animales

#### AUTO Y HOMOTRASPLANTES FRESCOS

Los primeros informes escritos sobre un auto trasplante óseo con éxito en animales, fueron hechos por MERREM (1810) (4), von WALTER (1821) (5) y HEINE (6) en 1836 y de homotrasplante, por FLOURENS (7) en 1843.

Es sin duda alguna, el gran cirujano y fisiólogo francés, OLLIER (8), el primero que en 1867, hizo investigaciones sistemáticas sobre el destino de los trasplantes y regeneración ósea en gallinas, palomas, conejos y perros, estudiando la vascularización del trasplante.

OLLIER, llegó a la conclusión de que el éxito de un trasplante óseo depende del periostio, cuya función es la de asegurar un lecho de tejido osteogénico necesario para la regeneración del trasplante. Estos trasplantes frescos seguirán viviendo, si el periostio se revasculariza rápidamente.

BARTH (9) en 1893, llega a la conclusión de que todos los elementos, tanto de auto como de homotrasplante, mueren y son sustituidos por el tejido del huésped, independientemente de que el hueso haya sido trasplantado con periostio o sin el.



FOTO 1. «Fray Angélico»: Milagro de S. Cosme y S. Damián. Museo de S. Marco de Florencia.

PENSKII (10), en 1893 hizo por primera vez un homotrasplante de una articulación en un perro y en una oveja. Al principio los resultados funcionales fueron buenos, pero 6 u 8 meses más tarde los animales empezaron a proteger la extremidad operada y dejaron de utilizarla.

ALBEE (11), en 1909 hace un autotrasplante libre de tibias para inmovilizar la columna vertebral de un perro, con buenos resultados.

GROVES (12), en 1917 experimentando con auto y homotrasplantes en gatos, llega a la conclusión de que cada trasplante óseo da mejores resultados cuando es utilizado entero, que cuando es dividido en pequeños fragmentos, ya que estos no conservan su capacidad de vivir. Para este autor el éxito de un trasplante vivo depende en gran parte de su contacto con el hueso vivo, la posición exacta y la fijación estable. En condiciones favorables, los homotrasplantes se comportan como los autotrasplantes.

RHODE (13), en 1923 hace una serie de experimentos en perros, gatos y conejos con periostio, endostio y hueso compacto, llegando a la conclusión de que sólo el tejido osteógeno específico, tiene la capacidad de formar hueso (los osteoblastos del periostio y el endostio de la médula ósea). La regeneración depende del desarrollo del sistema sanguíneo.

HALDEMAN (14), en 1933 compara radiográfica y microscópicamente, diversos tipos de trasplantes en conejos con peroné con solo periostio, osteoperiosticos y cortical con y sin periostio. Llega a la conclusión, de que el periostio le parecía la parte más importante del trasplante óseo con respecto a la consolidación de un hueso fracturado y a la supervivencia del trasplante.

LEVANDER (15), en 1938 trasplanta tejido óseo compacto sin periostio en los tejidos blandos del conejo demuestra que se forma tejido óseo nuevo de los tejidos mesenquimatosos en las regiones que rodean el trasplante.

En su opinión, todo tejido trasplantado muere y el hueso neoformado cerca del trasplante se produce como resultado de la infiltración en el tejido conjuntivo y vasos adyacentes del huésped por alguna sustancia osteogénea específica, originaria del trasplante.

Estos trabajos, incluidos los de REYNOLDS y OLIVIER (16), HUTCHINSON (17) y AXHAUSEN (18), vienen a demostrar que el trasplante no elimina el potencial de crecimiento del implante, llegan a la conclusión, de que los trasplantes óseos, después del primer periodo de desvitalización, se restablecen y sobreviven como un hueso vivo activo. Como hecho fundamental señalan, que la rapidez en la revascularización del lecho, es probablemente el factor fundamental que define la viabilidad del implante.

## AUTO Y HOMOTRASPLANTES OSEOS CONSERVADOS

Se considera que fue OLLIER (8), en 1867 el primero que mencionó la importancia de la congelación para la conservación del hueso. Establece que un hueso de conejo conservado a  $-1^{\circ}\text{C}$ , da un crecimiento óseo cuatro veces mayor que el conservado a  $+5^{\circ}\text{C}$ .

GROVES (12), implanta en el fémur de un gato clavijas homoóseas de fémur hervidas durante media hora, así como también clavijas auto-óseas frescas. Todas se incorporaron sólidamente a la diáfisis. Entre ellas no ha sido hallada ninguna diferencia.

GALLIE y ROBERTSON (19), rellenaron defectos óseos en perros con fragmentos de autoinjerto hervido durante 10 minutos. Allí donde se hizo una buena fijación, el hueso muerto se consolida con los fragmentos y el defecto fue rellenado de hueso esponjoso neoformado.

HAAS (20), en 1923 conserva un metacarpiano fracturado de un perro en solución fisiológica a  $+39^{\circ}\text{C}$  durante 19 horas. Se trasplanta dicho injerto a la musculatura paravertebral de dicho animal. Cinco semanas más tarde, establece que las células óseas estaban vivas.

REYNOLDS y OLIVIER (21), en 1950 trasplantan en defectos de tibias de perros autotrasplantes óseos de la tibia, homotrasplantes de un banco de Mertiolate, homotrasplantes congelados a  $+20^{\circ}\text{C}$  y homohueso hervido. Los estudian a intervalos de una semana durante diez. La fijación y la sustitución tanto de los auto como de los homotrasplantes se realizaron de la misma manera, por medio del crecimiento por aposición del hueso del huésped. Llegan a la conclusión de que los autoinjertos son superiores a los homoinjertos, porque la fase temprana de consolidación llega más pronto y es más uniforme, pero al final de la 10ª semana no hay ninguna diferencia microscópica entre el auto y el homotrasplante. No encuentran diferencias en la incorporación del homotrasplante sea este conservado en Mertiolate o congelado. El hueso hervido se consolida mucho más lentamente.

MARANGONI (21), en 1951 implanta homoinjertos corticales congelados a  $-15^{\circ}$  hasta  $-25^{\circ}$  en el radio de perros. Considera tres factores como influyentes en el éxito o en el fracaso de los homoinjertos congelados: la viabilidad del trasplante, la reacción inmunológica entre el huésped y el trasplante y la capacidad del trasplante para estimular la osteogénesis del huésped. Llega a la conclusión de que el destino de los homotrasplantes óseos congelados es similar al de los autotrasplantes, salvo que los primeros son un 50% más lentos en la restitución de la consistencia normal.

HERDON y CHASE (22), en 1954 estudian detalladamente el destino de auto y homotrasplantes óseos en la articulación de la rodilla de perros: con autotrasplantes, homotrasplantes congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  y con homotrasplantes frescos. Estudian las alteraciones histológicas en intervalos de un día a dos años y observan que la necrosis aparece mucho más temprano en los homotrasplantes que en los autotrasplantes, siendo la regeneración más lenta.

KOVALENKO (23), en 1957 realiza experimentos con fósforo radioactivo en perros con homotrasplantes óseos congelados, demostrando que el metabolismo del fósforo radioactivo transcurre activamente en los homotrasplantes óseos.

La calidad del metabolismo del fósforo, ha sido igual tanto en los auto como en los homotrasplantes.

Las investigaciones con átomos marcados demuestran que en plazos determinados (hasta tres meses), el fósforo radiactivo se almacena en el lugar del trasplante óseo en una cantidad considerablemente mayor y se registra mucho antes de que aparezca el callo óseo en la radiografía.

Los trasplantes óseos muertos (hueso hervido), retardan el metabolismo del fósforo en el lecho óseo.

El autor llega a la conclusión que, por sus cualidades plásticas y biológicas, el homoinjerto congelado al trasplantarse se acerca al autoinjerto óseo.

BURWELL (24), en 1964 experimenta con trasplantes de médula ósea y hueso esponjoso en ratas y combina un homohueso iliaco fresco sin médula ósea con médula ósea del mismo animal con el fin de formar homotrasplantes mixtos de hueso iliaco fresco. Los implantan en un lecho muscular siendo extraídos en distintos intervalos de tiempo para investigación microscópica. Establece que esta combinación de trasplantes forman una mayor cantidad de hueso nuevo que cada uno de sus componentes implantados separadamente. El autor considera que después del trasplante, en la médula ósea se desarrolla un sistema inductivo que lleva a la diferenciación osteoblástica y a la formación de hueso. Se supone que la necrosis por parte del trasplante de la médula ósea, desprende sustancias osteogénas que se absorben por las células reticulares primitivas con el fin de diferenciarse en osteoblastos.

## Auto y homotrasplantes óseos en el hombre

### AUTOTRASPLANTES OSEOS EN EL HOMBRE

El estudio de autotrasplantes en el hombre se ha basado principalmente en su investigación clínica, radiológica e histológica.

Uno de los fundadores de la cirugía osteoplástica, fué PIROGOV (25), quién en 1852 realizó la amputación de un pie, conservando el tuber calcanei junto con los tejidos blandos trasplantandolos a la superficie articular cortada de la tibia. El mismo PIROGOV escribió: "Mi operación no tiene por qué temer a la rivalidad. La parte separada del cuerpo conserva por un cierto tiempo una chispa de vida ardiendo débilmente". Es decir, que el tejido separado del organismo conserva temporalmente su viabilidad y el cirujano puede implantarlo.

Sin embargo, las bases científicas de la osteoplastia, fueron creadas en 1858 por OLLIER (8), si bien consideraba al trasplante de hueso como una operación arriesgada en seres humanos.

En 1908 LEXER (1) y MURPHY (26) en 1912, basados en los trabajos de OLLIER, sustentan la teoría de que los trasplantes óseos mueren y la regeneración se produce por los osteoblastos en el periostio y en el endostio, por eso ellos trasplantaban el tejido óseo cubierto siempre por el periostio.

HIBBS (27), en 1911 utiliza injerto de las espinosas en las articulaciones intervertebrales para conseguir artrodesis, con buenos resultados.

ALBEE (28), informa en 1919 de 1.600 autoplastias con éxito. Según él, el trasplante óseo siempre estimula la osteogénesis del hueso en el que está trasplantado o con el que está en contacto. Estaba convencido de que el trasplante tenía que estar cubierto por periostio.

WREDEN (29), en 1934 da la idea de sustituir el hueso dañado, convirtiéndolo en un «autonecrotasplante». Resecaba la región afectada del hueso junto con el periostio hasta tejido sano, la hervía durante 10-20 minutos en suero fisiológico, dándole después la forma apropiada y colocándola en el mismo lugar, fijándola con homo o heteroinjerto. Sus resultados fueron buenos en 2 casos de sarcoma de la metáfisis proximal de tibia; en un caso de sarcoma de fémur hubo supuración y en otro sarcoma de fémur empezó a verse callo a los dos meses.

ORELL (30), en 1937 reseco un hueso afectado por un proceso patológico, lo hirvió, lo limpió de los tejidos blandos y volvió a implantarlo en el mismo lugar.

### HOMOTRASPLANTE OSEO EN EL HOMBRE

#### HOMOTRASPLANTES OSEO FRESCO

Según datos imprecisos, la homotrasplatación ósea se inicia en el siglo XVI cuando el célebre cirujano francés AMBROISE PARE (31) trasplantó un diente sano de una camarera a una princesa que tenía un diente cariado.

El primer homotrasplante programado en el hombre fué realizado en 1878 por MACEWEN (32), quien reseco la diáfisis humeral entera de un niño de tres años que tenía una osteomielitis crónica. Tres años más tarde le pidieron que amputara el brazo, pero lo que hizo fué implantar muchas cuñas que había sacado de osteotomías correctoras en otros pacientes. Los trasplantes tuvieron éxito y el húmero llegó a alcanzar unos 15 cm. Veinte años más tarde el brazo era 7,5 cm más corto que el otro, pero el paciente realizaba un duro trabajo manual.

Desde entonces en la bibliografía han aparecido numerosos informes de homotrasplantes óseos en el hombre que han tenido éxito.

En 1887, PONCET (33) implantó la primera falange del dedo gordo de un pie amputado a otro enfermo con una fractura no consolidada de la tibia.

Fuó LEXER (1), en 1907 quien por primera vez, realiza la sustitución del tercio superior de una tibia con un sarcoma, por un homotrasplante de una pierna recién amputada.

KUETTNER (34), en 1913 trasplantó el tercio superior del fémur tomado de un cadáver. Un año más tarde cuando el enfermo murió de metástasis, el trasplante estaba bien unido y cubierto de periostio recién formado.

La investigación morfológica reveló osteocitos muertos y una amplia sustitución ósea.

Homotrasplantes óseos frescos de la tibia de donantes han sido utilizados por SMITH y FOREST (35), en 1937 en pacientes con Osteogénesis Imperfecta, para el tratamiento de pseudoartrosis en las extremidades inferiores.

HENRY (36), en 1948 utiliza injertos de parientes del paciente para sus intervenciones, con buenos resultados.

#### HOMOTRASPLANTE OSEO CONSERVADO

Uno de los primeros métodos de conservación del tejido óseo fué la cocción, utilizada para la esterilización del homotrasplante óseo fresco o de cadáver. Sin embargo los resultados no han sido satisfactorios. Para BARTH (9), ello sería debido a las alteraciones que se producen durante el tiempo en que se hierve el hueso, así como por las cualidades biológicas, la estructura y la composición química del hueso.

CARREL (37), utilizó la hipótesis de la posible conservación de los tejidos en un medio nutritivo: Solución de Ringer o en plasma sanguíneo.

LEXER (1), conservaba el trasplante óseo en Solución salina isotónica, en solución de Ringer o en Solución de Lock, en un refrigerador durante 24 horas.

ORELL (30), en 1937 informó de su "hueso puro", formado al macerar el hueso humano por un método químico del tejido graso, conjuntivo y proteínas, hacia una maceración utilizando una solución al 2% de un álcali cáustico más alcohol etílico de 96°. Pero tampoco este procedimiento tuvo aplicación clínica, aunque se creía que se podía utilizar este hueso macerado únicamente en calidad de fijador mecánico y solo en caso de huesos pequeños.

En 1949, REYNOLDS y OLIVER (16) presentan un informe acerca de huesos conservados en una solución acuosa de Merthiolate, que es un derivado mercurial y BURKLE-de la CAMP (38), utiliza la Cialita, que es un compuesto orgánico del mercurio. Para ellos, estas soluciones de Merthiolate y Cialita, debían renovarse cada dos semanas y solo así, era posible conservar los tejidos a la temperatura ambiente. Sin embargo, estas manipulaciones daban lugar, a menudo, a una infección secundaria (39).

El mayor avance en la conservación de tejidos, se produce en 1931 cuando FILATOV (40) efectuó el trasplante de una córnea extraída de un cadáver y conservada en frigorífico a la temperatura de + 4° C durante más de 24 horas.

FILATOV, se basaba en la hipótesis de que a bajas temperaturas se disminuyen los procesos metabólicos, manteniéndose la capacidad vital y la actividad biológica.

INCLAN (41) en 1942, informa de auto y homoinjertos óseos conservados en sangre citrica entre + 2° a + 5° C, señalando que en un 74 % de los 43 enfermos operados, los resultados eran excelentes y buenos.

Los estudios posteriores de conservación de tejidos a temperaturas comprendidas entre + 2° C y + 5° realizados por IMAMALIEV (39), demostraron que se produce un estado de anaerobiosis, pero que no se interrumpen los procesos metabólicos en los tejidos, sino que únicamente se hacen más lentos. Esta fue la causa de la muerte de los tejidos enfriados a las 2-5 semanas de su conservación. Se hizo necesario emplear temperaturas más bajas, conservando la estructura y la integridad de las células.

La popularización de la congelación como método de conservación del tejido óseo, se debe a WILSON (42) y a BUSH (43), quienes en 1947 muestran la necesidad de una congelación baja y muy rápida para que el injerto conserve su estructura molecular. En efecto, en el caso de una congelación lenta, se produce una separación del agua del tejido óseo, al mismo tiempo que una concentración de sustancias salinas con la formación de cristales voluminosos que alteran el injerto. Por el contrario, cuando la congelación es rápida los cristales que se forman son pequeños.

Desde entonces los trabajos sobre conservación a bajas temperaturas de injertos óseos han sido muy numerosos, destacando los de JUDET (44), ROTH (45), SICARD y MOULY (46), OTTOLENGHI (47), VOLKOV (48), BOYTCHEV (49), IMAMALIEV (39) y entre nosotros SANCHIS OLMOS (50).

Con el tiempo han ido apareciendo otros métodos de conservación de tejidos en medios sólidos, como son: la Parafina utilizada por NADEIN (51). En este medio el tejido óseo conserva sus cualidades biológicas durante tres meses.

Los inconvenientes de este método son la fragilidad de las briquetas de parafina, su fácil fusión en sitios cálidos y con la parafina sólida no se puede elegir el injerto y determinar la presencia de burbujas de aire en contacto con el hueso.

La idea de conservar hueso en resinas sintéticas se basa en la conservación de materiales de fácil deteriorabilidad en el ámbar, conservación que según IDELBERGER (52), puede prolongarse por miles de años. Este autor expuso la posibilidad de conservar tejido óseo en Palavita, resina de rápida solidificación. Es una sustancia semejante por su composición al plexiglas y también al paladón, utilizado en la práctica dental.

En la actualidad se está empleando en el Centro de Traumatología de Moscú, inclusión de tejido óseo en material plástico, con buenos resultados después de un plazo de conservación de tres años (39).

Uno de los métodos más modernos de conservación de tejido óseo es la Liofilización, las primeras experiencias las publican en 1951 KREUZ, HYATT, TURNER y BASSET (53).

La Liofilización consiste en secar un determinado producto congelándolo al vacío. De este modo el hielo se convierte directamente en vapor, sin pasar por la fase líquida. Como resultado de esto se forma un producto seco en el cual se conservan las albúminas, los fermentos y los demás componentes lábiles del tejido o el producto biológico.

El tejido óseo liofilizado, tiene una serie de Ventajas:

- 1ª) Se conserva a temperatura ambiente. Aquí no es necesario observar ningún régimen de temperatura ni son necesarios refrigeradores sofisticados.
- 2ª) Se puede transportar de un hospital a otro, sin ningún régimen térmico.
- 3ª) Se puede conservar durante un período largo de tiempo, de hasta 5 años.

Por otro lado tiene una serie de Inconvenientes :

- 1ª) La liofilización requiere aparatos caros y complejos.
- 2ª) Es necesario personal especializado que conozca bien la técnica de liofilización.
- 3ª) El precio de los injertos es muy caro.
- 4ª) Desde el punto de vista biomecánico, el injerto liofilizado tiene una menor resistencia a las fuerzas de flexión y torsión (54).

## Heterotrasplantes óseos

El primer trasplante de hueso del que se tiene memoria, fué hecho por MEEKREN (46) en 1682, al cubrir un defecto en la cabeza de un soldado ruso con un fragmento de cráneo de perro. El paciente fué excomulgado, pero dos años después el mismo pidió que se le quitara el trasplante para poder ser enterrado en sagrado. No tuvo suerte, porque el injerto estaba firmemente incorporado.

Durante tiempo, se han estado utilizando injertos de marfil, cuerno de vaca y de oveja. Los dos primeros son resistentes a la incorporación dentro del hueso del huésped, por lo que no se usan, pero el hueso de oveja se remodela más rápidamente según SALAMA (55).

Los injertos óseos frescos no tienen sitio en la actualidad en la cirugía ortopédica por los problemas de rechazo que presentan y la reabsorción de los mismos.

Se han utilizado hueso de ternera congelado con aparentes buenos resultados, aunque KINGMA (56) congelándolo a  $-40^{\circ}\text{C}$ , no tiene resultados satisfactorios.

BASSET y CREIGHTON (57), introducen el hueso liofilizado de ternera con resultados desalentadores a la larga, por lo que su uso ha sido discontinuo.

El hueso descalcificado de oveja y ternera, no ha tenido buenos resultados según trabajos de SALAMA (55).

El hueso anorgánico descrito por WILLIAMS y por IRVINE (58), es hueso del cual el material orgánico ha sido extraído mediante etildiamina. No provoca reacción de cuerpo extraño y es bien vascularizado, pero se absorbe muy lentamente y no posee capacidad osteoinductora.

El Oswestry Bone es hueso de esponjosa de oveja desproteinizado, preparado por doble extracción, usando peróxido de hidrógeno y etildiamina. Para ROAF (59), es solo efectivo cuando se coloca en un buen lecho vascular con células con suficiente potencial osteogénico. Da buenos resultados para rellenar cavidades en niños y para engrosar la cantidad de injerto cuando se mezcla con injerto autólogo.

El Hueso de Kiel es el heteroinjerto más utilizado en la actualidad. Introducido por MAATZ y BAUERMEISTER (60), consiste en una desproteinización parcial de hueso de ternera recién matada. El injerto es lavado con agua, extraída con peróxido de hidrógeno y secado con acetona, después es esterilizado en óxido de etileno o por Rayos Gamma. Tiene poco poder antigénico, pero no tiene propiedades osteoinductoras. Los resultados de su utilización son variables. Se utiliza también mezclado con autoinjertos.

### 3. Conceptos y definiciones

La terminología ha cambiado en estos últimos años, utilizándose en la actualidad la anglosajona.

*Autoinjerto o Autotrasplante.* Es el tejido implantado al mismo individuo del cual ha sido tomado. Por ejemplo, injerto óseo de cresta iliaca trasplantado a la tibia.

*Alloinjerto u Homoinjerto.* Es tejido tomado de un individuo e implantado a otro del mismo género biológico, pero de diferente ambiente genético. Ejemplo, trasplante de hombre a hombre, de perro a perro, sin relación sanguínea entre ellos.

*Xenoinjerto o Heteroinjerto.* Es el tejido tomado de un individuo e implantado a otro pero de distinto género biológico. Por ejemplo, tejido de ternera trasplantado al hombre.

*Isotrasplante.* Es el tejido tomado de un individuo e implantado a otro del mismo ambiente genético : gemelos

*Trasplante Singenesioplástico.* Es el tejido implantado de padres a hijos.

*Trasplante Blefoplástico.* Es el de embrión, feto o recién nacido.

*Creeping substitution.* Axhausen (18), fué el primero en señalar la sucesión histológica que ocurría en el trasplante del hueso autógeno. El trasplante óseo, sufre necrosis y posteriormente hay una invasión de los conductos por tejido nuevo, este proceso de reconstrucción y cicatrización dinámicos se llamó inicialmente "schleichender ersatz" o "substitución dinámica".

*Trasplante.* Es la colocación en un lecho de un órgano vascularizado.

*Injerto.* Es el trasplante de un tejido vivo.

*Implante.* Es la colocación en un lecho de un tejido muerto que proviene de otro sujeto.



## 4. Procedimientos de conservación de los injertos óseos

Existen muchos métodos de conservación del tejido óseo. Algunos de ellos tienen solamente una importancia histórica, como son la maceración y la cocción. En la actualidad, se emplean técnicas que intentan durante el periodo de conservación, bloquear los procesos metabólicos del tejido óseo, evitar la descomposición y la autólisis y por otra parte reducir las cualidades antigénicas del hueso conservado.

Los diferentes métodos de conservación son:

- Productos Químicos.
- Soluciones Cristaloides.
- Liofilización.
- Congelación.

### Productos Químicos

Algunos de estos productos ya han sido mencionados y se utilizan también para la esterilización del tejido óseo. La mayoría de estas combinaciones en solución de agua, inhiben la acción de los fermentos.

En el pasado, para la conservación de los injertos óseos se empleaba alcohol etílico, acetona etc, pero provocaban la descomposición de las albúminas y disolvían las grasas.

En la actualidad solo se utilizan : Mertiolate, Cialita, Palacos, Parafina y Solución de Polyvidona Yodada.

*Mertiolate.* Se utiliza para la esterilización y conservación del tejido óseo en solución de agua en concentración de 1 y 0,2 %, (16) (49) (61).

Los huesos se conservan a temperatura ambiente. Su efecto bactericida aumenta cuando se conservan a + 4º, y con determinados cambios de pH, de modo que en soluciones más ácidas o más alcalinas el mertiolate es más eficaz.

La solución de metiolate en agua destilada es hipotónica, lo cual se corrige añadiendo solución de cloruro de sodio. Es muy lábil expuesto a la luz y pierde sus cualidades antibacterianas en poco tiempo por afectar el componente albuminoideo del hueso. Según ARDEN (61), la conservación ideal sería en «chips» aunque el índice de infecciones que tiene es alto, 7,2 %. El cambio de la solución debe hacerse cada dos semanas hasta que se utilice.

*Cialita.* Tiene ciertas ventajas en comparación con el Mertiolate.

Es una combinación orgánica de mercurio con ciertas cualidades antibacterianas y fungicidas. Es un polvo blanco que se carboniza cuando se calienta, sin deshacerse (62).

Se utiliza en solución de agua en una concentración de 1:5000, cambiándose cada 15-20 días. El injerto se conserva a temperatura ambiente o mejor a + 4°, protegiéndolo de la luz.

Después de 15 días en la solución, el injerto puede ser usado. El periodo máximo de conservación es de 12 meses.

Antes de utilizar estos injertos, hay que lavarlos con suero fisiológico para eliminar la solución de conservación.

La conservación es muy sencilla y accesible, aunque el hueso pierde solidez y pueden aumentar las infecciones ante cambios frecuentes de la solución.

*Palacos.* La conservación en palacos (Palavit), fue propuesta por IDELBERGER (52). El Palacos es una sustancia semejante por su composición al plexiglas y también al paladón, utilizado en la practica dental. Se utiliza polvo y liquido de palacos en una proporción 5:3. El injerto previamente colocado en un recipiente con suero fisiológico más antibióticos, se cubre con la pasta de Palacos que se endurece en 10 minutos.

Antes de usar, el bloque de palacos se esteriliza en una solución de Zephirol o Permanganato Potásico. Se despega fácilmente con unas tenazas. Es de fácil utilización, se conserva durante años y la solidez del hueso se mantiene.

*Parafina.* Fue propuesta por NADEIN ( 51 ) en 1954.

El hueso se cubre con parafina estéril, con una capa no menor de 1-2 cm. Así preparado se conserva a +2°C o +4°C durante un periodo máximo de un mes.

Antes del uso, los bloques de parafina, se lavan con cepillo y jabón y se ponen en solución fisiológica calentada a 40°, en la cual la parafina se derrite y se separa del trasplante óseo.

Estos injertos, se pueden utilizar de 1,5 hasta 4 meses, es un método sencillo y barato aunque pierden parte de sus propiedades biológicas.

*Solución de Povidona Yodada.* Es un antiséptico que se utiliza debido a sus propiedades bactericidas, viricidas, bacteriostáticas y fungicidas.

El injerto en este medio, se guarda en refrigerador a + 4°C. El inconveniente de este método, es que el injerto debe utilizarse entre el 1º y el 4º día. Por otra parte, la povidona parece acelerar ( 63 ) el proceso de necrosis de los osteocitos, por lo que estos hallazgos anatómicos sugieren una acción citotóxica de la povidona.

## Soluciones Cristaloides

Se utiliza una solución de Cloruro Sódico al 0,8 %, conocida en la clínica como Suero Fisiológico. Se conserva en refrigerador a + 4° y se le añade antibióticos.

Esta solución no satisface todas las exigencias. Por ejemplo, contiene más cloruros que plasma y no contiene otras sustancias nutritivas necesarias para el metabolismo del tejido conservado. Esto ha hecho necesario acudir a soluciones cristaloides más complejas : solución de Ringer, solución de Ringer-Lock, solución de Tiroide, etc.

Estas soluciones, tienen como principal defecto el no poder asegurar condiciones normales para el metabolismo del tejido óseo. Por eso se les añade plasma homogéneo o suero que suministran los componentes nutritivos y aseguran las condiciones fisicoquímicas.

El plasma o el suero, se añaden en una proporción con la solución cristaloides de 1:10.

Estos métodos de conservación, no aseguran un periodo largo de conservación del tejido óseo (30-60 días), además la solución debe cambiarse cada 3 a 7 días, lo que lleva al riesgo de infección bacteriana.

## Liofilización

Es uno de los métodos más utilizados y moderno de la conservación de tejido óseo.

Según este método, un producto dado se seca en estado congelado al vacío. Como resultado de esto, se forma un producto seco en el cual se conservan las albúminas, los fermentos y los demás componentes lábiles del tejido o el producto biológico ( 53 ).

Este tejido óseo liofilizado, tiene una serie de Ventajas :

1. Se conserva a temperatura ambiente, sin necesidad de utilizar refrigeradores.
2. Tiempo de conservación muy prolongado, hasta 5 años e incluso más.
3. Fácil almacenaje y transporte a otros hospitales.
4. Las cualidades osteogénicas de los huesos liofilizados y congelados son iguales (49).
5. El poder antigenico es similar.

Como Inconvenientes :

1. La liofilización, requiere aparatos caros y complejos.
2. Es necesario un personal cualificado para la utilización y manejo del aparato liofilizador.
3. El hueso liofilizado es más débil desde el punto de vista biomecánico (54).

## Congelación

Es uno de los métodos de conservación de tejidos de más amplia difusión.

Las temperaturas bajas se utilizan para la conservación y transporte de alimentos (carne, frutas, legumbres etc), conservando sus valores nutritivos, vitaminas y su sabor. Se emplean también, para la conservación de sangre, plasma, espermatozoides, etc y desde hace ya algún tiempo, este método se está usando en la conservación de distintos tipos de tejidos: hueso, piel, etc ).

INCLAN (41) en 1942, fué el primero en conservar tejido a bajas temperaturas:  $+2^{\circ}\text{C}$  -  $+4^{\circ}\text{C}$ . WILSON (42), tuvo el mérito de popularizar el método.

El concepto de temperatura baja se concibe de distinta manera en los diferentes sectores de trabajo.

Para los clínicos los  $+20^{\circ}\text{C}$  a es una temperatura baja, para los biólogos lo son los  $+2^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$  y para los físicos, la temperatura baja son los  $196^{\circ}\text{C}$  bajo cero.

Esto ha impuesto la introducción de la siguiente clasificación de temperaturas bajas (49):

- Temperatura subnormal: desde  $+20^{\circ}\text{C}$  hasta  $0^{\circ}\text{C}$ .
- Temperatura baja: desde  $0^{\circ}\text{C}$  hasta  $-70^{\circ}\text{C}$ .
- Temperatura muy baja: desde  $-70^{\circ}\text{C}$  hasta  $-273^{\circ}\text{C}$

Por otra parte, SMITH (64) da la siguiente clasificación de la rapidez de congelación:

<i>Rapidez Congelación</i>	<i>Duración Congelación</i>	<i>Temperatura</i>
Muy rápida	Hasta 2 seg.	De 0 a -190° C.
Rápida	De 2 seg. hasta 2 min.	De 0 a -79° C.
Lenta	10 min. y más	De 0 a -79° C.
Muy lenta	1 hora y más	Hasta -20° C.

## 5. El frío

### Cambios físico-químicos de los tejidos

La influencia de las bajas temperaturas en biología y en medicina, son conocidas desde hace tiempo (65). Se ha establecido que los distintos animales, tejidos y células soportan, de modo diferente el efecto de las bajas temperaturas.

Un sistema biológico está constituido por un medio acuoso continuo que contiene diferentes solutos y separado del espacio intracelular por dos membranas que son:

- Permeables libremente al agua.
- Poco permeables a los solutos neutros de P.M >200.
- Relativamente impermeables a los iones.
- Impermeables a las grandes moléculas de solutos neutros.

### HISTORIA TERMICA

Cualquiera que sea el método utilizado para la congelación de un sistema biológico, esta se hará siguiendo una serie de etapas que constituyen la historia térmica que tiene las siguientes fases :

*Fase 1:* de enfriamiento antes de la congelación. Se sabe que el punto de congelación (65) de la mayoría de los biomateriales, está alrededor de  $-0,6^{\circ}\text{C}$  .

*Fase 2:* de Subfusión. El calor de fusión es el numero de calorías necesarias para fundir la unidad de masa de una sustancia, sin variar la temperatura. El hielo funde a  $0^{\circ}\text{C}$  si la presión es de 760 mm. Si la presión es mayor funde a menos de  $0^{\circ}\text{C}$ .

Los líquidos pueden permanecer como tales a temperaturas inferiores a la de solidificación, si el enfriamiento es lento y reposado, esto se conoce como subfusión. Es una etapa importante de la historia térmica. Se trata en definitiva del enfriamiento de una solución por debajo de su punto de congelación.

Fase 3: de Cristalización y de Congelación.

Fase 4: de enfriamiento después de la cristalización.

En el caso de un sistema biológico constituido por células en suspensión en un medio acuoso fisiológico se produce igualmente una subfusión extra e intracelular.

Mientras el agua extracelular se congela, el agua intracelular adquiere en el curso de la subfusión una cierta cantidad de energía que ella utiliza después de forma diferente:

- Si la velocidad de enfriamiento es lenta, el agua sale de la célula ya que la permeabilidad de la membrana es elevada.
- Si la velocidad de enfriamiento es elevada, el agua no sale de la célula, su energía interna aumenta y se congela bruscamente.

## TRANSFORMACIONES FISICO-QUIMICAS EN ENFRIAMIENTOS LENTOS

Por regla general, la mayor parte de los sistemas biológicos son congelados según unas velocidades relativamente lentas:  $1-5^{\circ} \text{C/mn}$ .

En el curso de estos enfriamientos, observamos según EHRSAM y LARESE (66) los siguientes fenómenos:

- En el medio extracelular, la formación de hielo que entraña:
  - Una disminución de la fracción líquida.
  - Un aumento de la concentración de solutos.
- En las células:
  - Salida del agua intracelular.
  - Aumento de la concentración salina.
  - Disminución del volumen celular.

En resumen se puede decir, que cuando las células son enfriadas lentamente, están sometidas a :

- Concentración de sales intra y extracelulares.
- Eliminación de agua.
- Contracción.
- Bajada de la temperatura.

## LESIONES CELULARES DEBIDAS A LA CONGELACION

Obedecen a tres factores :

- Contracción celular.
- Grandes concentraciones de electrolitos.
- Formación de hielo intracelular.

El enfriamiento lento de los tejidos conduce a la formación de grandes cristales de hielo, en tanto que la congelación rápida da lugar a la formación de pequeños cristales.

La formación de grandes cristales intracelulares provoca la destrucción mecánica de las membranas celulares y de ahí la muerte de las células a la que también contribuye la hiperconcentración de soluciones salinas que se producen en estos casos.

Cuando tiene lugar una congelación muy rápida, los tejidos se convierten en un cuerpo vítreo. Aquí, el agua no cristaliza sino que se convierte en estado vítreo.

Esta congelación muy rápida, se consigue con nitrógeno líquido ( $-196^{\circ} \text{C}$ ), hielo seco ( $-78^{\circ} \text{C}$ ), etc.

Los procesos del cambio térmico dependen además, según los trabajos de REY (67), del carácter del objeto, del agente de la congelación, del grado de contacto, de la termoconductibilidad, de la estructura y del tamaño del tejido a congelar.

Cuando hay fragmentos de tejido de mayor grosor la congelación se efectúa en el centro más lentamente que en la capa superficial, estableciéndose al fin un equilibrio térmico.

Por consiguiente, los procesos de congelación transcurren muy rápidamente si la masa de los tejidos es pequeña y si hay una gran diferencia de temperatura entre la mezcla de refrigeración y el objeto.

## Pautas de congelación

Desde los trabajos iniciales de INCLAN (41) en 1942, en los que conservaba los tejidos a  $+2^{\circ}\text{C}$  -  $+4^{\circ}\text{C}$ , se han utilizado diversas temperaturas de congelación y de conservación de tejidos.

La congelación siguiendo la clasificación de SMITH (64), se efectúa de varias maneras : lenta, rápida y muy rápida.

El método utilizado dependerá del tipo y tamaño de la estructura (67). Para la piel, por ejemplo, se emplea la congelación lenta, pues parece ser que la congelación rápida destruye gran parte de sus células.

La congelación del cartilago, debe seguir las pautas de TOMFORD (68), es decir, congelación lenta y descongelación rápida utilizando crioprotectores: 8 % de DMSO (dimetilsulfoxido) o 10 % de glicerol.

A  $+2^{\circ}\text{C}$  -  $+5^{\circ}\text{C}$ , se produce un estado de anaerobiosis, pero no se interrumpen los procesos metabólicos en los tejidos, solo se hacen más lentos. Estos mueren a las 2-5 semanas de su conservación (39).

La conservación entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $-20^{\circ}\text{C}$  (42), mantiene las enzimas aún activas pudiendo eventualmente destruir los tejidos. No son recomendadas para conservar tejidos más allá de tres o cuatro meses.

Cuanto más baja sea la temperatura en que se conserva el tejido óseo, tanto más largo es el periodo de utilización.

Sin embargo, para ROTH (45) desde el punto de vista clínico, la temperatura alrededor de  $-20^{\circ}\text{C}$  es la más apropiada, pues así empiezan los procesos regenerativos después del trasplante.

Por otra parte, a  $-80^{\circ}\text{C}$  la destrucción enzimática parece mínima. Los recientes trabajos de EHRlich, LORENZ y TOMFORD (69) sugieren que al menos una enzima, la colagenasa, es inactiva.

A estas temperaturas tan bajas, el periodo de conservación del tejido sería mayor, incluso varios años, aunque también dependerá del tamaño del hueso conservado. Por lo general para fragmentos óseos grandes, la conservación deberá ser a  $-80^{\circ}\text{C}$  o más baja. Cuando los fragmentos son pequeños, como cabezas femorales, la conservación se puede hacer a  $-30^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de tres a seis meses. Otra de las pautas de congelación es la de VOLKOV (48); se trata de un método combinado de congelación a  $-70^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas y conservación a  $-30^{\circ}\text{C}$  durante 3 a 6 meses.

Todas estas pautas tienen en común una característica muy importante, que es que la congelación hay que hacerla rápida para evitar la formación de macrocristales que destruirían la membrana celular.

La descongelación del tejido óseo puede hacerse rápida o lentamente (49) sin que se haya establecido alguna diferencia en el efecto clínico. Aunque el hueso conservado a  $-80^{\circ}\text{C}$  debe descongelarse en solución de Ringer caliente a  $+30^{\circ}\text{C}$  durante una hora antes de su utilización (68).

La descongelación en cambio, de la piel, eritrocitos y cartilago debe hacerse rápidamente con una solución a  $+40^{\circ}\text{C}$  (49) (70).

## Agentes crioprotectores

La influencia nociva de la temperatura sobre ciertos tejidos (piel, nervios, vasos sanguíneos y cartilago) se refleja en los procesos biológicos de los mismos, reduciendo su capacidad vital.

En la actualidad, la congelación del tejido óseo se realiza con mayor frecuencia sin solución protectora o agente crioprotector (CP).

Algunos autores como ROTH (45) y REY (67), utilizan CP (parafina) para la conservación de tejido óseo, SMITH (71) utiliza el Dimetilsulfoxido (DMSO) para la protección de espermatozoides. SMITH (72) y TOMFORD (73), lo utilizan también para la protección de condrocitos.

### NATURALEZA DE LOS CRIOPROTECTORES

Los CP presentan una serie de aspectos importantes:

1º) Cuando uno busca cuales son los productos crioprotectores, se encuentra con que una gran parte son alcoholes, conocidos por su miscibilidad en el agua debida a sus enlaces hidrógenos, los cuales con la molécula de agua forman una verdadero dipolo eléctrico.

Este es el primer punto en común de los CP: la capacidad de formar uniones de hidrógeno con las moléculas del solvente.

2º) Un punto que asocia y diferencia los CP, es su Peso Molecular.

- Los agentes penetrantes en la célula, tienen un PM débil, menor de 400, que les confiere esta posibilidad de entrar en la célula. Estos agentes son: Metanol PM 32, Etanol PM 46, Etilen-glicol PM 62 y los más utilizados: Glicerol PM 92 y Dimetilsulfoxido PM 78.
- Los agentes no penetrantes, tienen un PM muy elevado. Son la Polivinil-pirrolidona, de PM : 40.000 y el Almidón, de PM: 97.000.

3º) Otro aspecto importante de los CP es su toxicidad. Esta dependerá de la concentración del CP , de la tonicidad del medio, del modo de contacto de las células con el CP y del tiempo de exposición. Por lo general, cuando se utiliza Glicerina o DMSO, si la temperatura de los CP está por debajo de 4° C, los efectos tóxicos no aparecen hasta que no haya una concentración mayor del 12 % o el tiempo de exposición, sea mayor de 90 minutos (73).

### FUNCIONES DE LOS CRIOPROTECTORES

1º) Reducción del punto de congelación.

2º) Reducción de la Cinética de salida del agua.

3º) Reducción del volumen celular, lo que entraña un aumento de la viscosidad del citoplasma reduciendo así los riesgos de cristalización intracelular. Este puede ser uno de los aspectos principales de los CP no penetrantes.

4º) Cambio en la naturaleza misma del hielo. De una estructura espinosa del cristal del hielo puro, se pasa a una estructura mucho menos accidentada. Las lesiones mecánicas de los cristales de hielo sobre la membrana y sobre las células son menos traumatizantes.

5º) Los CP, al no reducir demasiado el volumen de la célula, evitan las hiperconcentraciones y las precipitaciones salinas.

Siguiendo a BOYTCHEV (49) y a SMITH (72), podemos decir que mientras que en algunos tejidos como cornea, espermatozoides, eritocitos y condrocitos, la conservación homovital es de suma importancia para el efecto clínico, en el hueso ella no tiene una importancia decisiva, por lo que en la actualidad en el trabajo diario de los Bancos de Tejidos se conservan piezas óseas sin utilizar crioprotectores.



## 6. Métodos para la esterilización de los injertos óseos

El evitar la complicación séptica es una de las metas a conseguir en la cirugía del trasplante óseo conservado.

La obtención del injerto del donante debe realizarse siguiendo las normas de una asepsia rigurosa y verificando siempre los criterios de exclusión del donante. Estos están bien tipificados por los protocolos de los distintos Bancos de Huesos existentes (39) (48) (74) (75) (76) (77).

Siguiendo los trabajos de PROLO y OKLUND (78) hay una serie de *Principios Fundamentales* que gobiernan la búsqueda del método de esterilización ósea ideal:

- 1º) Debe ser probada la eficacia del agente para erradicar de la superficie e intersticios todos los microorganismos preferiblemente, las bacterias, virus y hongos.
- 2º) El agente esterilizante tiene la capacidad de eliminar las endosporas, mientras que los desinfectantes no tienen esta propiedad (79).
- 3º) El esterilizante ideal no debe invalidar las propiedades físicas y químicas del implante.
- 4º) Las características inmunológicas y biomecánicas del tejido implantado deben ser mejoradas antes que comprometidas por los distintos agentes.
- 5º) Los residuos tóxicos del agente, así como sus productos de reacción en los tejidos, deben de ser susceptibles de levigarse o diluirse desde el implante.
- 6º) Las respuestas biológicas del receptor al implante deben favorecer la incorporación, revascularización, remodelación y viabilidad, más que supuración, reacción a cuerpo extraño (secuestro) y rechazo.
- 7º) Deberá valorarse el potencial a largo plazo de la exposición del huésped al agente y su poder mutagenico y posiblemente oncogenico (63) (78).

Los métodos usados hoy día para la esterilización de tejidos, son Físicos o Químicos.

Los *Métodos Físicos* son dos fundamentalmente: el calor y los Rayos Gamma.

La cocción fué utilizada por ORELL (30), aunque para BARTH (9) los resultados han sido malos.

Aunque el calor coagula los tejidos blandos y por encima de 60° C reduce la proteína morfogenética de URIST (80), la utilización de este método aún es usado hoy día por una serie de autores como BURWELL (24), LLOYD-ROBERTS (81) y WILLIAMS (82).

Los Rayos Gamma emitidos por el Cobalto 60, tienen según los trabajos de DEVRIES (83) y KOUVALCHOUK (84) un efecto bactericida a la dosis de 2,5 a 3 Megrads.

HERNIGOU y GOUTALLIER (85), en trabajos experimentales, han comprobado que 1 Megrad es una dosis bactericida suficiente para el Bacillus Subtilis cuando pequeños fragmentos óseos están contaminados por 1 millón de gérmenes, parece preferible utilizar una dosis superior de alrededor de 2,5 Megrads.

La irradiación por encima de 2,5 Megrads, destruye la integridad física y química del hueso (54) (85) (86), disminuye su capacidad osteoinductiva (87) e introduce radicales libres estables en la apatita con potencial mutagenico y oncogenico en el huésped (24) (78).

El hueso así preparado sirve, al igual que el hueso esterilizado por calor, como soporte mecánico (85) (87).

*Métodos Químicos.* Estos incluyen los alcoholes, los derivados mercuriales (Mertiolate), agentes de amonio cuaternario, agentes alquilantes (formaldehído, beta propiolactona, Oxido de etileno), antibióticos y extractores de grasa (inhibidores enzimáticos).

Los alcoholes son unos desinfectantes efectivos y seguros aunque no son esporicidas (78) (88) (89), ni afectan a la capacidad osteoinductiva del hueso (90).

Los mercuriales como el Mertiolate (16) (49) (61) (88) son bacteriostáticos pero ineficaces como esporicidas. A altas concentraciones, afectan la capacidad osteoinductora (89) (90).

De los compuestos de amonio cuaternario el más usado es el Cloruro de Bezalconio. Es un germicida débil que destruye la capacidad osteoinductora (89) (90).

Entre los agentes alquilantes se incluyen el formaldehído, la beta-propiolactona y el Oxido de Etileno.

El formaldehído y la beta-propiolactona producen desnaturalización de las proteínas del hueso y causan daño irreparable en la capacidad osteoinductora del hueso (91) (92). Además la beta-propiolactona presenta efectos carcinogenéticos (93).

El oxido de Etileno es utilizado por SNYDER (94) en 1961 para la esterilización de los injertos óseos. Es un gas que se vaporiza a 10,7° C, es inflamable, incoloro y con olor a éter.

WIJNE (95) utiliza como parámetros de ciclo de esterilización, una temperatura de 37°, una presión de 10 atmósferas, una humedad del 10 % y la duración del ciclo es de 6 horas.

Después de la esterilización, se pueden encontrar residuos tóxicos de oxido de Etileno libre, etilen glicol y etilen clorhidrina a nivel del injerto no liofilizado.

PROLO (96) en 1980, sigue las normas impuestas por la Food and Drug Administration (FDA) que impone unos valores límites para estos tres residuos. La exposición al Oxido de Etileno es de 4 horas a una temperatura de 29,4° C y una humedad de 33%.

El Oxido de Etileno es un buen método de esterilización, utilizándose hoy día en hueso liofilizado. Es efectivo y seguro (78) (95).

Los antibióticos han sido utilizados en indicaciones límites, no afectando la proteína osteoinductora (80) (90) (97). Se emplean más hoy día como «profilaxis» de la infección al mantener los injertos bañados por una solución de suero a la que se le añaden antibióticos.

URIST (80), CHALMERS (98) y OIKARINEN (99) han demostrado la eficacia de la decalcificación parcial o AAA (Antigen autolysed allogenic) de URIST, de la extracción de grasa y de la inhibición enzimática, en la conservación de la proteína morfogenética (BMP), en la reducción del poder inmunogenico del implante y en la esterilización del hueso.

URIST (80) (90) ha identificado, purificado y examinado la matriz de una proteína básica, en estudios realizados en animales y en hombres. Esta proteína es a la vez estéril y osteoinductora.

A pesar de todos los métodos al alcance para la esterilización y la utilización de medidas de asepsia rigurosa, DEVRIES (83) y CLOWARD (100) encuentran de un 10 a un 22 % de implantes contaminados.

TOMFORD (101) observa 6,9 % de infección clínica, siendo el 90% de los gérmenes encontrados : el *Corynebacterium acnes* y el *Estafilococo Epidermidis*.

No están de acuerdo los autores en la acción de las bajas temperaturas sobre los gérmenes.

Para IMAMALIEV (39) la conservación a bajas temperaturas hace posible destruir gonococos, meningococos, hemofilos, estreptococos, etc. Los virus, hongos y bacterias esporuladas son muy resistentes.

Hoy día son más aceptadas las ideas de BOYTCHEV (49) para el cual la congelación o la liofilización no destruyen los gérmenes, sino que solo crean condiciones desfavorables para su desarrollo. Las condiciones vuelven a ser las mismas al descongelar o rehidratar el trasplante.

## 7. Biología del injerto oseo

Los fenómenos biológicos son complicados y en la actualidad no han sido aclarados del todo (22) (24).

Existen sin embargo, ciertas ideas en las que hay conformidad y que explican esta compleja entidad.

El trasplante, independientemente de que sea, auto, homo o heterotrasplante, muere. En ocasiones y bajo óptimas circunstancias, autores como BURCHARDT (102) y MANKIN (103), sugieren que en los autoinjertos, algunas células sobreviven y forman nuevo hueso. Este injerto «induce» la formación ósea en el huésped debido a algún proceso humoral definido por URIST (90) como Proteína Morfogénica (BMP).

AXHAUSEN (18) como mencionan CHASE y HERDON (22), fué el primero en señalar la sucesión histológica que ocurría en el trasplante del hueso autógeno.

AXHAUSEN llamó « *schleichender ersatz* » al proceso de la invasión de los conductos por tejido nuevo, hecho por los vasos «invasores» o a través de los conductos persistentes del hueso trasplantado. Más tarde esta frase alemana fué traducida como «sustitución dinámica» o «*creeping substitution*», que describe los procesos de reconstrucción y cicatrización dinámicos del trasplante óseo. Es el tiempo en el que el hueso nuevo viable sustituye al necrótico y antiguo.

La revascularización del trasplante para este autor, comprende la infiltración de osteocitos del receptor en las lagunas vacías del trasplante, aunque para PHEMISTER (104) la reparación dependería del número de células viables trasplantadas que sustituirían al hueso necrótico por hueso viable.

### Biología del injerto esponjoso

Los signos iniciales de reparación con un autotrasplante reciente tienen las mismas características histológicas sea el hueso esponjoso o cortical durante las primeras dos semanas después del trasplante.

En primer lugar, se aprecian en el lecho del trasplante zonas de sangre coagulada como mecanismo para evitar la pérdida hemática. Durante la primera semana, el trasplante es el foco de una respuesta inflamatoria que

se caracteriza por yemas vasculares que infiltran el lecho del injerto, estando las superficies expuestas del trasplante bañadas por nutrientes (102) (103). El trasplante está rodeado por algunos linfocitos, células plasmáticas, osteoclastos y pequeñas cantidades de tejido conectivo fibroso, con mononucleares y polimorfonucleares.

En la segunda semana predomina el tejido fibroso de granulación, disminuye el número de células inflamatorias y aumenta la actividad osteoclástica (105). Aparece autólisis osteocítica, con necrosis que define los contornos de las lagunas vacías. Algunas células periféricas persisten por medio de difusión de nutrientes situados en los tejidos blandos vecinos del receptor. En este punto hay poca diferencia entre los trasplantes autógenos esponjosos y corticales.

Los trasplantes de hueso esponjoso se diferencian de los corticales en la rapidez de revascularización, el mecanismo de sustitución dinámica y el carácter total de la reparación.

Algunos autores, como DELUE y TRUETA (106), sugieren que en el término de horas después del trasplante hay revascularización de los fragmentos de esponjosa como resultado de las anastomosis terminales de los vasos del receptor con los del hueso trasplantado, si bien se consideraba que el mecanismo principal de revascularización se hacía por la penetración gradual de células del receptor en los espacios medulares. Según la especie, en cuestión de dos días, los trasplantes de hueso esponjoso pueden estar totalmente cubiertos por vasos y a las dos semanas, completarse la revascularización.

A medida que ocurre la invasión vascular de los fragmentos esponjosos, las células mesenquimatosas primitivas sufren diferenciación en células osteógenas. Aún no se sabe si estas células son descendientes de las células trasplantadas o son células del receptor que aparecen por algún estímulo inducido por el trasplante. Sin embargo, cabe considerar que tanto el donante como el receptor contribuyen a la población de nuevas células (107) (108).

En los trasplantes de hueso esponjoso, estas células osteógenas se diferencian en primer lugar en osteoblastos que recubren los bordes de las trabéculas muertas y depositan una capa obturadora de tejido osteoide que se añade y termina por rodear a un núcleo central de hueso muerto (109). En la imagen radiográfica inicial es posible observar un aumento de la radiodensidad de la zona trasplantada. Más tarde, los osteoclastos reabsorben poco a poco los «núcleos» atrapados de hueso necrótico, apreciándose una disminución gradual en la radiodensidad del injerto esponjoso. Al mismo tiempo se acumulan elementos medulares hematopoyéticos dentro del hueso trasplantado (109). En el momento oportuno, el hueso esponjoso muestra una reparación total y el hueso necrótico es sustituido por completo por hueso nuevo viable.

La mayoría de estas descripciones histológicas, se basan en el modelo de KEY (110) quien observa que un defecto extraperiostico en un perro adulto igual o superior a un diámetro y medio de la diafisis, por regla general no alcanza la curación, resultando una pseudoartrosis.

El esquema de evaluación y descripción de la curación y remodelado sigue las directrices de HEIPLE (111). Hay una valoración numérica de la organización del coágulo, médula, callo óseo, esponjosa y cortical.

Según este autor, el proceso está dominado por la formación del callo y revascularización rápida con aposición de hueso nuevo formado a partir de hueso trabecular y restauración de la médula hematopoyética adulta. Esto se acompaña de consolidación de las trabéculas externas dentro del neocortex y con una rápida retubulación del injerto.

La fase de remodelación se inicia siempre tras la fase de aposición, dirigiéndose hacia una eventual reconstrucción de la diafisis.

Cuando se estudian distintos aloinjertos, las secuencias son similares, aunque hay un retraso en el tiempo cuando se compara con el autoinjerto fresco.

## Biología del injerto cortical

Durante las dos primeras semanas después del trasplante, el hueso esponjoso y cortical tienen características histológicas similares. Inicialmente se observan áreas de sangre coagulada en el lecho del trasplante como medio de prevenir pérdida de sangre.

Durante la primera semana, el trasplante presenta una respuesta inflamatoria caracterizada por la infiltración del lecho del trasplante por botones vasculares y con las superficies del trasplante bañadas por nutrientes (106).

En la segunda semana, el tejido de granulación fibroso aumenta en el lecho del trasplante, el número de células inflamatorias desciende y se incrementa la actividad osteoclástica (105).

La primera y más notable diferencia histológica entre el trasplante esponjoso y el cortical es la rapidez de revascularización.

El trasplante cortical no es penetrado por vasos sanguíneos hasta el sexto día (112). La revascularización completa tiene lugar entre uno y dos meses o al menos, el doble de tiempo necesario para los trasplantes de hueso esponjoso (106). Este retraso en la revascularización completa puede atribuirse a la estructura de la corteza ósea pues la penetración vascular del hueso injertado es básicamente el resultado de reabsorción osteoclástica periférica e infiltración vascular de los conductos de Havers y Volkmann (105) (106). Este retraso también puede depender del número limitado de células endósticas disponibles para facilitar la formación de anastomosis terminoterminal que se observan con mayor frecuencia en los trasplantes de hueso esponjoso.

Sin embargo, una vez que se ha logrado la revascularización periférica del hueso trasplantado, la revascularización del interior de la cortical se hace con bastante rapidez, a juzgar por la actividad sustitutiva dinámica (105).

La segunda diferencia entre el injerto esponjoso y cortical es que la reparación de los injertos corticales la empiezan los osteoclastos y no los osteoblastos.

En estudios realizados por ENNEKING, BUCHARDT y POHL (105) en la cortical de perros, apreciaron que la reabsorción a las dos semanas de hacer el trasplante era mucho mayor que la de hueso normal, aumentaba hasta la sexta semana y después disminuía a niveles casi normales al final de un año. Esta reabsorción estaba dirigida preferentemente a los sistemas haversianos necróticos de situación periférica y a las laminillas intersticiales durante las primeras dos semanas. Sin embargo, a la cuarta semana la reabsorción del interior de la cortical era equivalente cuantitativamente a la de la periferia.

Unas 12 semanas después del trasplante se apreció el comienzo de la fase «aposicional» de la reparación, que obturó el material necrótico, para anular así nueva aposición osteoclástica. Estudios adicionales sugieren que la sustitución dinámica de los injertos de cortical ósea se hace en sentido transversal y paralela al eje longitudinal del segmento trasplantado (49) (105).

La mezcla de hueso necrótico y viable en el injerto cortical, no cambió básicamente una vez que se completaron las etapas catabólicas y anabólicas de la reparación, si bien en ocasiones cambios pequeños aumentan la proporción entre el hueso nuevo y el tejido necrótico (105). Por la razón expuesta, la tercera diferencia principal entre el injerto cortical y el esponjoso es que estos últimos tienden a ser reparados totalmente con el tiempo, en tanto que los de cortical tienden a quedar como «mezclas» de hueso necrótico y viable.

En estos estudios de ENNEKING (105), se apreciaron dos características importantes en el trasplante de hueso cortical:

- 1ª) El comienzo de la fase aposicional coincidió con la consolidación de la unión injerto-hueso del receptor, lo cual sugiere que las «fuerzas» o situaciones de «sobretenión fisiológica» (stress) pudieran participar en la formación de hueso.
- 2ª) La rapidez, cantidad y perfección de la reparación era mayor en perros que tenían un remodelado fisiológico más activo del esqueleto, que en los que tenían menor actividad esquelética. Esta segunda variable de la reparación del trasplante es análoga a la situación clínica en la que un niño puede reparar mejor una lesión en el esqueleto con el tiempo, con un grado mayor de perfección que el adulto.

La incorporación del hueso trasplantado puede considerarse como función de las células del receptor y las células viables que quedan en el injerto (106) (107).

Se desconoce el grado de participación de una y otra poblaciones de células, si bien la falta de células viables en el injerto puede retardar la rapidez de incorporación en la reparación (102).

Las células osteógenas trasplantadas pueden provenir de cuatro fuentes: 1) Periostio; 2) Zona intracortical; 3) Endostio; 4) Médula ósea.

1) *Periostio*. Ya OLLIER (8) decía que el éxito de un trasplante óseo dependía del periostio. Estudios posteriores de URIST y McLEAN (109) indican que las células en las tiras de periostio «libres» sobreviven y son capaces de mostrar osteogénesis. En los fragmentos trasplantados sin periostio, se ha observado un retraso en la unión entre el injerto y el hueso del receptor, disminución en la formación del callo y un retardo en el comienzo de la sustitución dinámica.

2) *Zona Intracortical*. Algunos osteocitos pueden sobrevivir al trasplante por la difusión de nutrientes a través de los conductillos (106).

Estudios in vitro de OTTOLENGHI (47) han demostrado que incluso sin el medio líquido tisular, algunos osteocitos sobreviven hasta 24 horas.

El hecho de que algunos osteocitos sobrevivan dentro de la cortical del hueso trasplantado, sugiere que es posible que sobrevivan otras células que tienen capacidad osteógena.

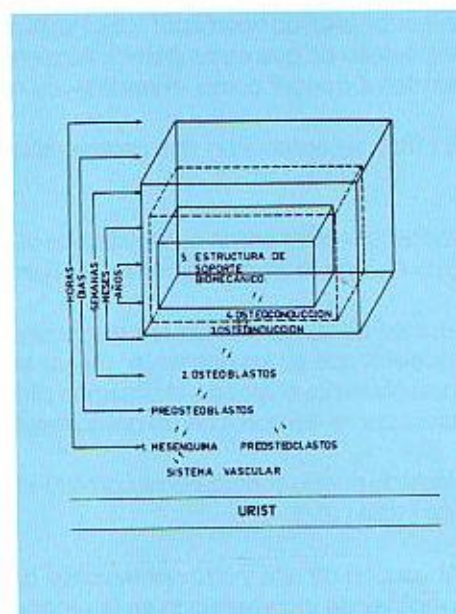
En apoyo de esto, están los estudios de TONNA y CRONKITE (113) con timidina marcada con tritio y los trabajos de BASSET (114) con cultivos tisulares, señalan que las células vasculares y el mesénquima intracortical pueden participar en la neoformación de hueso.

3) *Endostio y Médula*. En la actualidad aún se discute si las células endósticas participan en la osteogénesis, con mayor importancia que las células medulares o si participan por igual.

Los trabajos de TONNA y CRONKITE (113) con timidina marcada, indican que las células endósticas proliferan con mayor lentitud que las células medulares adyacentes y que estos elementos fueron capaces de formar hueso nuevo y médula hematopoyética.

BURWELL (24) ha sugerido que después del trasplante aparece un sistema de inducción dentro del mismo, que hace que las células del endostio y la médula se diferencien y formen hueso nuevo. Este sistema inductivo sería puesto en marcha por «sustancias» liberadas del hueso necrótico de tejidos medulares y captadas por una población de células de origen endóstico. Como otra alternativa, las células reticulares primitivas de la médula pueden «engullir» estas sustancias (115).

Quando se ingiere la «sustancia inductiva» las células se diferencian en osteoblastos (24). Este mecanismo de inducción, está sometido a influencias como las mencionadas por URIST (90) y que determinan el éxito del injerto óseo. Estas son (Ver Esquema I):



ESQUEMA I

1ª) *Lecho del Huésped*. Determina la capacidad osteoproliferativa de las células osteoprogenitoras capaces de responder a BMP. El indicador de la viabilidad y actividad proliferativa del huésped es el índice de curación de una fractura. En el lecho esponjoso se logra una mejor respuesta osteógena que en el lecho cortical.

Por otra parte y según WATSON-JONES (116), el traumatismo quirúrgico modifica la reacción del receptor al trasplante. Hay una disminución en el tejido de reparación que rodea los defectos óseos después de taladrar a gran presión y con irrigación inadecuada.

2ª) *Viabilidad del Injerto Óseo*. El promedio de curación y de éxito de la operación está determinada por la viabilidad del injerto. Cerca del 95 % de las células del trasplante no sobreviven (102) (103).

Se recomienda el injerto autógeno para evitar las respuestas inmunológicas del huésped al aloinjerto.

Cuanto más grande es el defecto en el huésped, mayores son los requerimientos de autoinjerto.

En defectos más pequeños o en zonas muy vascularizadas, no está justificado el trasplante de autoinjerto de la cresta ilíaca (87).

3ª) *Volumen del Lecho del Huésped a Injertar*. El promedio de incorporación de un injerto óseo es directamente proporcional al tamaño o volumen del defecto en el huésped.

Cuanto más grande es el defecto, más largo es el tiempo necesario para la incorporación del injerto y mayores las complicaciones: fracturas, retardo de unión. Además, cuanto más grande es el defecto, más altas son las necesidades de fijación para un contacto absoluto a compresión entre el injerto y el lecho del huésped.

4ª) *Contenido y Actividad de la Proteína Morfogenética*. La actividad de la BMP del huésped y del injerto óseo induce a las células del tejido conectivo perivascular del lecho del huésped, a entrar en el camino de desarrollo del hueso morfogenético. El BMP suministra un suplemento de células del lecho del huésped y por tanto aumenta el proceso de incorporación del injerto óseo. Esto se evidencia al ver la reparación de grandes defectos con puentes de hueso nuevo inducido por BMP en sistemas de ácido poliláctico poliglicólico.

Sin ningún injerto óseo o células preexistentes, un implante de BMP en una bolsa muscular o en el tejido subcutáneo en ratas, induce formación de hueso (80) (90).

5ª) *Índice de Actividad Metabólica*. Está relacionada con la capacidad para reparar fracturas, incorporar injertos óseos y responder a la BMP.

Algunos de los elementos de la actividad metabólica de las especies son: promedio cardíaco, flujo sanguíneo, metabolismo basal, promedio respiratorio y temperatura corporal.

El perro tiene un MAI de 1,5 cercano al del hombre que es igual a 1. Los ratones de laboratorio y las ratas, tienen un MAI de 15,6 y 5,15 respectivamente. Por esta razón, el perro proporciona los mejores test experimentales en los trasplantes óseos. Sin embargo, los ratones y ratas nos dan un bioensayo más rápido y económico.

6ª) *Función Homoestructural del Injerto Óseo*. El trasplante de hueso, independientemente de que sea auto o aloinjerto, restaura la continuidad del hueso con material homoestructural.

En las escisiones grandes por tumores, cuando son reparadas con un injerto óseo, el tejido del donante realiza la función de un «espaciador» (90) y otras veces de «andamio».

Aunque el defecto esté puentado por un fijador externo o por osteosíntesis interna a compresión, el tejido del donante puede no ser incorporado, sino por el contrario ser reabsorbido provocándose la fractura del injerto. Esta ocurre en la interfase entre hueso vivo y muerto.

No se conoce sustancia que sustituya eficientemente al tejido óseo y que pueda sustituir su función homoestructural.



## 8. Inmunología del injerto óseo

Cuando se realiza un autoinjerto, el organismo lo reconoce como «propio», el aloinjerto es «ajeno», esto es consecuencia de la histoincompatibilidad entre el donante y el receptor (105) (107) (108) (112) y sigue los mismos principios inmunológicos que actúan en otros sistemas de injertos tisulares (24) (117).

El hueso es una mezcla de tejido compuesto de células, colágeno, sustancia fundamental y minerales inorgánicos.

El grado de las reacciones inmunológicas en los distintos tejidos no es el mismo. Los de estructura más sencilla y metabolismo menos expresado sobreviven mejor después del trasplante, que los tejidos altamente diferenciados. Los primeros serían el tejido óseo, cartilaginoso, cornea, etc.

En sentido inmunológico el tejido óseo es más indicado para trasplante que los tejidos blandos. Esto se debe a su estructura específica y a su metabolismo. Hay que tener en cuenta que el tejido óseo está compuesto de un 70 % de sustancia inorgánica, inerte biológicamente y de un 30 % de materia orgánica, en la cual tienen lugar los procesos metabólicos y que es portadora de las cualidades antigénicas.

El aloinjerto evoca una respuesta inmunológica caracterizada por la aparición de linfocitos activados y anticuerpos citotóxicos (24) (117) (118) (119).

Estas reacciones son más intensas según FRIEDLAENDER (118) y LANGER (120) para el aloinjerto fresco. El aloinjerto congelado necesita un tiempo más prolongado para inducir estas respuestas, que por otro lado también son menos intensas.

Los injertos óseos poseen una variedad de antígenos potenciales incluyendo células (osteogénicas, condrogénicas, grasa, hematopoyéticas, etc), sustancia intercelular, colágeno y minerales inorgánicos. No hay evidencia según HOROWITZ y FRIEDLAENDER (121), de que los cristales de hidroxapatita sean inmunogénicos. El colágeno tiene una antigenicidad débil bajo circunstancias favorables.

Recientes estudios de FRIEDLANDER, MANKIN y LANGER (122), YABLON (123) y PROLO y RODRIGO (124), demuestran que otros componentes de la sustancia intercelular, particularmente los proteoglicanos son capaces de inducir respuestas inmunitarias intensas.

La mayoría de la estimulación, según los trabajos de MUSCULO, KAWAI y RAY (125) y CZITROM (126), deriva probablemente de las glicoproteínas de las células de superficie que tienen su origen en, las células osteogénicas, condrogénicas, fibrosas, neuronales, adiposas, hematopoyéticas y del mesenquima.

Estas células de superficie están gobernadas por el Sistema Mayor de Histocompatibilidad (SMH), en ratones H-2, en conejos RLA, en perros DLA y en humanos HLA (Human Leucocyte locus A).

Para ESSES y HALLORAN (127) estudios realizados en murinos usando radiación para inducir quimeras, han demostrado que la fuente más importante de SMH reside en la médula ósea, más que en la cortical. Estas células de la médula ósea se encuentran en todos los injertos óseos y no pueden ser eliminados por recursos mecánicos simples, tales como el lavado o la irrigación. Además de estimular la respuesta inmunitaria, las células de la médula también participan en un grado significativo en la reparación del hueso y en la incorporación del injerto (108) (127).

Los dos tipos de antígenos del SMH más comúnmente asociados con este tipo de respuesta alógena, se denominan Clase I (región A, B y C en el hombre) y Clase II (región D/DR en el hombre).

Para KORNGOLD (128), las moléculas de la Clase I, son los marcadores de lo «propio» para las células T citotóxicas. Esto es importante para la reactividad del hueso porque los linfocitos citotóxicos aparecen después del trasplante óseo.

Para SPRENT (129), las moléculas de la Clase II, son requeridas para activar la células reguladoras, especialmente las células T de ayuda, de gran importancia porque producen linfocinas que están activas en varias células blanco. Estas linfocinas, regulan otras células inmunes, incluyendo la activación de los macrófagos, células T citotóxicas, así como células B de ayuda que producen anticuerpos. Las linfocinas, también pueden regular las células no inmunes, por lo cual se pueden activar los osteoclastos (OAF: osteoclast activating factor), la reabsorción ósea y el fracaso biológico del injerto. Es por tanto razonable pensar que hay un común denominador para la acción de estas moléculas, que es la activación de las células T.

Para CZITROM (126), el rechazo es disparado por dos señales: los aloantígenos y por unas células especializadas presentes en la médula ósea del trasplante (APC: Antigen Presenting Cells), más conocidas como «passenger leukocytes».

Hoy día se sabe que las «células viajeras» o «passenger cells» son heterogéneas. Ellas han sido estudiadas en el tejido linfoide donde pertenecen a las células dendríticas y a los macrófagos, siendo poderosas estimuladoras de las respuestas de las células T.

Células similares son, las células de Kupffer en el hígado, las células de Langerhans en la piel y los oligodendrocitos en el cerebro, entre otras.

En la actualidad, se están estudiando medios para modificar y esquivar la respuesta inmunitaria.

Inicialmente se pensó en como crear una «tolerancia tisular», un aguante entre trasplante y huésped. Importante en este sentido, es el trabajo de BILLINGHAM, BRENT y MEDAWAR (130) sobre tolerancia tisular. Establecen que las reacciones inmunológicas no aparecen en un individuo dado, si él, en su inmadurez inmunológica ha estado en contacto con un antígeno definido. Si se inyecta en el feto de manera intrauterina sangre o emulsión de tejidos de otro animal, entre el animal nacido y el adulto existe plena compatibilidad. Sin embargo, estos hallazgos no han ayudado a superar la incompatibilidad tisular en el hombre.

Uno de los métodos empleados para «esquivar» la respuesta inmunogénica es la Selección de Donantes.

El tipaje tisular o serológico es de los medios de prevención de rechazo más importante, cuando se realiza un trasplante de riñón. La compatibilidad HLA, requiere menos dosis de drogas inmunosupresoras y por tanto, menos complicaciones derivadas de ellas.

Mientras en los trasplantes renales, según HARDER y LANDMANN (131), se recomienda que el donante y el receptor tengan compatibilidad del grupo AB0, en el trasplante de tejido óseo, es aconsejable pero no imprescindible que tengan el mismo grupo sanguíneo. Si hay que valorar a las mujeres con Rh-, pues JOHNSON, BROWN y LASKY (132) informan de un caso de inmunización Rh, en una mujer de 23 años de edad, soltera. Grupo

0 Rh- y donante de sangre regularmente. En un examen de rutina se encuentran anticuerpos atípicos anti-C y anti-G. Nunca recibió una transfusión o estuvo embarazada, pero 6 meses antes había sido operada de un tumor de células gigantes del fémur. Fue cureteado y rellenado con dos cabezas femorales previamente conservadas a -70° C. Las dos cabezas femorales, eran de dos donantes Rh+, uno del grupo A y el otro del grupo O.

De esto se deduce, que en pacientes de riesgo, se puede utilizar como profilaxis la gammaglobulina anti-D, aunque los aloinjertos pueden producir otros anticuerpos de células rojas.

La compatibilidad Rh de los aloinjertos puede proteger a futuros pacientes de la inmunización.

Se sabe (118) (120) que los aloinjertos óseos frescos provocan una respuesta inmunogenica de HLA muy fuerte, mientras que los aloinjertos congelados presentan una respuesta inmunitaria débil. Esto será debido posiblemente a que en el momento de la congelación rápida se produce un «estallido» y «rotura» de las «passenger cells».

Para PARRISH (97), existiría un periodo de tres semanas, durante las cuales las proteínas superficiales o inmunoproteínas se degradan cuando congelamos el injerto, es por lo que antes de tres semanas no se debe de utilizar el hueso congelado.

Este sería otro de los métodos para modificar o debilitar la respuesta inmunitaria: eliminar las «passenger cells».

El concepto de eliminar las passenger cells, está basado en el modelo de las dos señales de alorreactividad. Si no existen las APC (passenger leukocytes), no hay segunda señal que dispare el rechazo; además, el aloinjerto «per se» tiene un poder antigenico muy pobre.

Existe una serie de métodos para suprimir las «passenger cells» que han tenido éxito desde el punto de vista experimental.

Uno de ellos, es la ya mencionada Congelación. Otro es el cultivo de injertos a tensiones altas de oxígeno (126). LACY (133) trabaja con células de los islotes del páncreas, a bajas temperaturas.

READY (134) utiliza la Deoxiguanosina para vaciar los aloinjertos de timo de passenger cells.

Existen medios de «modular» la respuesta inmunitaria, utilizando agentes inmunosupresores o con radiación.

KLIMAN (135) ha demostrado que el pre-tratamiento con irradiación o incubación con aloantisuero al SMH, puede reducir la respuesta de anticuerpos al injerto. Sin embargo, este tratamiento tiene efectos adversos sobre el proceso de curación.

El suero antilinfocítico (ALS) reduce la respuesta de los anticuerpos y también mejora la curación al inhibir la capacidad de reabsorción ósea debido a una célula T de auxilio clonada o T «helper» (121).

GOLDBERG (136) demuestra que la inmunosupresión con ALS, Prednisona y Azatioprina, mejora la incorporación de aloinjertos congelados.

La introducción de la Ciclosporina-A (CsA) ha mejorado las perspectivas de los trasplantes, eliminando alguno de los efectos secundarios de la Azatioprina (131), aunque la Ciclosporina a altas dosis, es nefro y hepatotóxica y en tratamientos prolongados aparece una frecuencia elevada de linfomas.

La irradiación con Rayos Gamma tiene efectos esterilizantes (83) (84) (85) y disminuye la antigenicidad del trasplante óseo (137). Pero dosis superiores a 2 Megrads según los trabajos de PELKER (54), HERNIGOU (85) y TRIANTAFYLOU (86), destruyen la integridad física y química del hueso. BURWELL (24), PROLO y OKLUND (78) mencionan que la irradiación, introduce radicales libres, estables en la apatita, con potencial mutagénico y oncogénico en el huésped.

Habrá que valorar la débil respuesta inmunogenica del hueso congelado para no llegar a lo que dice CZITROM (126): «La destrucción del tejido es un precio muy alto que hay que pagar para reducir la inmunogenicidad».

## 9. Propiedades biomecánicas del injerto congelado

La resistencia mecánica de un injerto óseo, según BURCHARDT (102), puede correlacionarse con el proceso de reparación.

Los trasplantes esponjosos se reparan por el proceso que en primer lugar, produce hueso nuevo en las superficies óseas necróticas. Los estudios de ENNEKING, BURCHARDT y POHL (105) demuestran que la necrosis del hueso, no altera su potencia o resistencia mecánica.

Los injertos corticales son reparados inicialmente por la actividad osteoclástica, que produce debilitamiento mecánico y disminución en la densidad de la imagen radiológica del trasplante. Este debilitamiento es debido a la porosidad interna que es causada por los efectos acumulativos de una mayor actividad osteoclástica y una menor actividad osteoblástica.

Los estudios experimentales de BURCHARDT (102) realizados en peronés de perros, demuestran que el hueso trasplantado era un 40 % más débil que el hueso normal entre las 6 semanas y 6 meses del trasplante a medida que se incrementaba la porosidad del hueso trasplantado. Entre un año y dos años después del trasplante, la resistencia mecánica y la radiodensidad del injerto eran iguales a la del hueso normal.

Existen unas características biomecánicas iniciales del hueso para BRIGHT (138) que están influenciadas por varios factores: la edad, características físicas del donante, localización del injerto e historia clínica anterior del donante.

Según los trabajos de EVANS (139), el tejido óseo es más fuerte entre los 20 y 39 años, aunque en el grupo de 70 a 79 años se mantiene un 70 % de la fuerza de tensión, un 85% de la fuerza de torsión y un 80 % en la fuerza de flexión.

SEDLIN (140) realiza trabajos con especímenes, estudiando la fuerza de flexión, congelándolos a  $-20^{\circ}\text{C}$  durante 3 a 4 semanas y descongelándolos a  $+37^{\circ}\text{C}$ , no encuentra cambios estadísticos significantes.

La congelación a temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-70^{\circ}\text{C}$  y Nitrogeno líquido, no produce para PELKER (54) cambios en el test de torsión, la fuerza de compresión aumenta un 20 % a  $-20^{\circ}\text{C}$ , un 22 % a  $-70^{\circ}\text{C}$  y un 14 % con nitrógeno líquido.

El hueso liofilizado, presenta un aumento (54) de la fuerza de compresión o no presenta cambios (141). En cambio la fuerza de flexión según TRIANTAFYLLOU (86) está a un 55-90% del tanto por ciento del control y a un 39 % del control en el test de torsión (54).

Diversos trabajos (54) (85) (86) indican los efectos nocivos de la irradiación sobre las propiedades físico químicas del injerto y las complicaciones por encima de 2,5 Megarads (24) (78).

BRIGHT y BURSTEIN (141) y TRIANTAFYLLOU (86), indican que no hay cambios en la fuerza de compresión del hueso con dosis por debajo de 3 Megarads. Por encima de esta dosis, la fuerza de torsión disminuye un 30 % y la de flexión un 25 a 50 % cuando se combina la irradiación con hueso liofilizado.

La incorporación de los extremos del injerto sigue varios de los pasos de la curación de las fracturas.

En el proceso de curación de las fracturas, inicialmente hay una rigidez torsional baja y una fuerza torsional baja. Estas propiedades biomecánicas aumentan gradualmente con el tiempo hasta que la fractura consolida y se remodela (142).

Esta progresión biomecánica de curación, ha sido observada en el aloinjerto por PELKER, McKAY y PANJABI (143).

Esta progresión temporal de curación normal, puede ser alterada por numerosos factores, incluyendo la respuesta inmunológica del huésped al injerto, las técnicas de conservación y de esterilización del injerto, la terapia coadyuvante: radioterapia, quimioterapia (54) y otras circunstancias ya mencionadas por URIST (90): vascularización del lecho, contenido de proteína morfogenética, inmovilidad del trasplante, etc.

Una vez descritas las características biológicas, inmunológicas y biomecánicas del injerto, estamos en condiciones de DEFINIR EL INJERTO IDEAL:

El injerto ideal debe ser: fuerte, potencialmente viable, no reactivo (no tóxico, no inmunogenico y no carcinogenico), estéril, agradable cosmeticamente, con crecimiento controlado, almacenable, posible técnicamente de manejar y fácil de obtener y proporcionar.

# 10. Material y métodos

En Julio de 1985 comenzó a funcionar el Banco de Huesos del Hospital Universitario «Virgen del Rocío» de Sevilla.

La idea inicial fué que a temperaturas moderadamente bajas:  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $-30^{\circ}\text{C}$  se podía organizar y montar lo que se llama «un Banco de Huesos personal», que ya utilizaban JUDET (44), SICARD y MOULY (46) y SANCHIS OLMOS (50).

La conservación por el frío es el medio más simple de retardar la actividad enzimática de la colagenasa (69).

La temperatura a la que deben ser conservados los aloinjertos, dependerá para MALININ (144) y HERNIGOU (145) del tiempo de conservación del injerto y del tamaño del mismo.

Así, para conservar una cabeza femoral unos días son suficientes temperaturas entre  $-4^{\circ}\text{C}$  y  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Las temperaturas utilizadas en nuestro banco, se sitúan entre  $-25^{\circ}\text{C}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$ , utilizando como aloinjertos, cabezas femorales, las podemos conservar durante un periodo máximo de 6 meses, aunque al ser mayor la demanda que la oferta, no duran más allá de 3 meses.

Cuando conservamos fragmentos más grandes, obtenidos de donantes multiórganos (segmento femoral, tibia, etc.), utilizamos temperaturas más bajas:  $-80^{\circ}\text{C}$ . Aquí el periodo de conservación puede ser de años (39) (48) (77), aunque HUTEN (146) no aconseja conservarlos más allá de un año.

## El congelador: instalación y manejo

El primer congelador de que disponemos es un frigorífico doméstico tipo arcón (Foto 2), con un volumen bruto/útil: 252/234 litros con unas dimensiones de 85 cm. de altura, 97 cm. de longitud y 67,5 cm. de profundidad, con tapa de apertura superior, con un aislante reforzado de 80 mm que protege durante 32 horas en caso de avería. Tiene una potencia eléctrica de 130 watts y un consumo de energía en 24 horas de 1,25 kWh.

El congelador dispone de dos compartimentos, uno de congelación rápida y una zona de mantenimiento.

Se han dispuesto una serie de dispositivos de seguridad ante la eventual falta de corriente eléctrica o avería.

El congelador dispone del aislamiento reforzado ya mencionado y de un piloto de alarma óptica.

Otro dispositivo que utilizamos, es rellenar el fondo del arcón, con contenedores plásticos llenos de agua, esto es debido a que como es sabido, el agua es una de las sustancias con mayor calor específico, es decir que necesita un mayor aporte de calor por igualdad de peso para variar su temperatura, de tal forma que un frigorífico lleno de aire, se calentará mucho más deprisa cuando exista un fallo que otro que tenga parte de su volumen lleno de agua.

Otro dispositivo de seguridad es tener dentro del congelador un termómetro de máxima y mínima que nos garantiza, aunque a posteriori, que no ha existido ninguna elevación de la temperatura que pueda haber dañado los huesos conservados, nos avisa de «algo que ha sucedido». Para evitar esto se han montado dos mecanismos: uno de seguridad con una toma de corriente independiente y reforzada y un mecanismo de alarma acústica que suena cuando falta la corriente y que está situado fuera del área de quirófanos y cercano a un puesto de ATS por lo que está en alerta las 24 horas del día.

Existe una tercera posibilidad que sería la instalación de una alarma electroacústica que nos indique las variaciones de la temperatura. Se ha diseñado y construido un circuito activado por baterías de níquel-cadmio en carga constante, lo que garantiza una duración de 5 años y que detecta el ascenso de la temperatura a  $-10^{\circ}\text{C}$  accionando la alarma.

Actualmente, disponemos de un congelador de  $-80^{\circ}\text{C}$  (Foto 3) para la conservación de huesos de donantes multiórganos, con una capacidad de 368 litros, con unas dimensiones exteriores de 85 cm. x 200 cm. x 79 cm.

Este nuevo congelador, tiene la ventaja de que puede programar la congelación y dispone de sistemas de seguridad electroacústicas cuando falla la corriente eléctrica o hay variaciones en la temperatura.

Una medida simple pero importante, es no abrir el congelador sin motivo, pues evitaremos ascensos de temperatura.

El congelador debe estar situado en el área de quirófanos, es decir en una habitación amplia, bien aireada y con temperaturas de  $18^{\circ}\text{C}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ , cercana o contigua al quirófano.

## Protocolos de seguridad

El primer paso para conseguir una seguridad y evitar graves complicaciones con los injertos del Banco de Huesos, lo constituye la realización cuidadosa de los antecedentes e historia clínica del donante y siguiendo los protocolos de FRIEDLAENDER y MANKIN (74) de la American Association Tissue Banks, excluirémos a todos aquellos pacientes que presenten una historia de:

### A. Infección Aguda o Crónica:

1. Septicemias de cualquier causa.
2. Hepatitis.
3. Enfermedades Virales (SIDA).
4. Sífilis.
5. TBC en actividad.
6. Micosis

### B. Neoplásias Malignas.

### C. Enfermedades autoinmunes (A.Reumatoide, etc)

D. Politraumatizados:

1. Quemados.
2. Grandes Heridas.

E. Otras:

1. Drogadicción.
2. Uso de drogas parenterales (Corticoides) o exposición a sustancias tóxicas que puedan afectar al hueso.
3. Envenenamientos.
4. Pacientes que han recibido una transfusión sanguínea seis meses antes.
5. Otras enfermedades no especificadas y que a juicio del cirujano puedan introducir factores de riesgo.

Una vez aceptada la historia, se anotaran todos los datos en la hojas de Protocolo del Banco de Huesos (P. 1, P.2, P.3).

Estas Hojas de Control del Banco de Huesos, llevan un número de orden que a su vez corresponde con el del libro control. Se anotan una serie de datos del donante como son: el número de la historia clínica, un breve resumen de la historia y el resultado de unas pruebas analíticas, que siempre es absolutamente necesario realizar a estos donantes:

#### HEPATITIS, SIFILIS, SIDA, CULTIVO DE HUESO Y ANATOMIA PATOLOGICA

Se apuntan también el Grupo Sanguíneo y el Rh, pues aunque no es imprescindible, si es aconsejable que el donante y el receptor tengan el mismo, para evitar inmunizaciones Rh (132).

La fecha de extracción y de utilización debe tener un margen mínimo de tres semanas y uno máximo de seis meses cuando conservamos a  $-30^{\circ}\text{C}$  y de dos o tres años cuando conservamos a  $-80^{\circ}\text{C}$  (97) (146).

Se mencionan también, las medidas de cada pieza, el nº de historia, nombre y diagnóstico del receptor y la analítica del SIDA que es obligatoria realizarla.

### Obtención del injerto

Las fuentes de injertos, son :

- Pacientes con Fracturas Subcapitales de Cadera o Coxartrosis, siempre que tengan buena calidad ósea independientemente de la edad, aunque evidentemente un hueso de un paciente joven será de mejor calidad que la de una persona de edad.

Las Cabezas femorales obtenidas de estos pacientes, tienen muy buenas cualidades. Una de estas cualidades, es que al ser un hueso esponjoso, tiene las características biológicas propias de este, que hacen que su incorporación y rehabilitación por hueso nuevo, sean más fáciles que en el hueso cortical. Otra cualidad importante, es que la esponjosa de la cabeza femoral tiene una resistencia (139) muy superior a la esponjosa de cualquier otro hueso del organismo, por ello no solo sirve como masa ósea, sino que también tiene una resistencia mecánica suficiente para aceptar solicitaciones de cierta intensidad, lo que permite colocarlo formando puentes, topes o como un andamio.

El proceso de obtención de estas cabezas femorales, se caracteriza también por realizarse con unas medidas de asepsia muy importantes, que son las que se toman al realizar una sustitución protésica parcial o total.

- Donante Multiórgano. La obtención debe realizarse para BOYTCHEV (49) no más tarde de la 4ª hora después de la muerte, aunque CZITROM (147) cree que se pueden obtener dentro de las 24 horas si el donante se mantiene a  $+4^{\circ}\text{C}$  o dentro de 12 horas, si se mantiene a temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$ .



H. UNIVERSITARIO VIRGEN DEL ROCIO SEVILLA QUIROFANO 3 PLANTA TRAUMATOLOGIA	<b>CONTROL</b>  <b>BANCO DE HUESOS</b>	N. Orden
		N. Historia Clinica

NOMBRE DEL DONANTE \_\_\_\_\_

DIAGNOSTICO DEL DONANTE \_\_\_\_\_

HISTORIA CLINICA \_\_\_\_\_  
 Enfermedades infecto contag.: \_\_\_\_\_  
 Tumores malignos: \_\_\_\_\_  
 Enfermedades del colageno: \_\_\_\_\_  
 Otras: \_\_\_\_\_

RESULTADO ANALITICO		
	POSITIVO	NEGATIVO
Hepatitis		
Sifilis		
SIDA		
Cultivo huesos		
Anat. patologic.		

G.S.  Rh

FECHA EXTRAC. INJERTO \_\_\_\_\_

PIEZA OSEA: LOCALIZACION \_\_\_\_\_

LARGO  ANCHO  DIAMETRO  RX

FECHA UTILIZ. INJERTO \_\_\_\_\_

NOMBRE RECEPTOR \_\_\_\_\_

DIAGNOSTICO RECEPTOR \_\_\_\_\_

SIDA  N.H.C.  DOCTOR \_\_\_\_\_

VALE	
SI: <input type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>

H. UNIVERSITARIO  
VIRGEN DEL ROCIO  
SEVILLA

**CONTROL  
DONANTE  
MULTIORGANO**

N. Orden Donante

N. Historia Clinica

NOMBRE DEL DONANTE \_\_\_\_\_

DIAGNOSTICO DEL DONANTE \_\_\_\_\_

HISTORIA CLINICA \_\_\_\_\_

Enfermedades infecto contag.:

Tumores malignos:

Enfermedades del colageno:

Otras:

CAUSA DE MUERTE \_\_\_\_\_

RESULTADO ANALITICO \_\_\_\_\_

	POSITIVO	NEGATIVO
Hepatitis		
Sifilis		
SIDA		
Cultivo huesos		
Anat. patologic.		

G.S.  Rh

FECHA EXTRAC. INJERTO \_\_\_\_\_

H. UNIVERSITARIO  
VIRGEN DEL ROCIO  
SEVILLA.

CATALOGO  
PIEZAS OSEAS

n. orden donante

n. historia clinica

PIEZA OSEA A : Localizacion

Cultivo

Pos: Neg:

Largo

Ancho

RX

Receptor

N.H.C.

Diagnostico Receptor

Analitica

Doctor

SIDA:

PIEZA OSEA B : Localizacion

Cultivo

Pos: Neg:

Largo

Ancho

RX

Receptor

N.H.C.

Diagnostico Receptor

Analitica

Doctor

SIDA:

PIEZA OSEA C : Localizacion

Cultivo

Pos: Neg:

Largo

Ancho

RX

Receptor

N.H.C.

Diagnostico Receptor

Analitica

Doctor

SIDA:

PIEZA OSEA D : Localizacion

Cultivo

Pos: Neg:

Largo

Ancho

RX

Receptor

N.H.C.

Diagnostico Receptor

Analitica

Doctor

SIDA:

PIEZA OSEA E : Localizacion

Cultivo

Pos: Neg:

Largo

Ancho

RX

Receptor

N.H.C.

Diagnostico Receptor

Analitica

Doctor

SIDA:

PIEZA OSEA F : Localizacion

Cultivo

Pos: Neg:

Largo

Ancho

RX

Receptor

N.H.C.

Diagnostico Receptor

Analitica

Doctor

SIDA:

En la actualidad estas pautas de obtención no se siguen, pues el donante va desde la UCI al quirófano y está bien perfundido para poder realizar la extracción de órganos como son el corazón o el riñón.

Existen protocolos establecidos para la toma de tejidos (39) (49) (148) que siguen un orden :

- 1º) Glándulas de Secreción Interna (Corazón, Riñón).
- 2º) Corneas.
- 3º) Piel.
- 4º) Tejido Cartilaginoso.
- 5º) Tendones.
- 6º) Fascias.
- 7º) Semiarticulaciones.
- 8º) Tejido óseo.
- 9º) Huesos del cráneo.
- 10º) Dura madre.

En la practica este orden, por desgracia, no se llega a realizar debido a que las donaciones suelen ser de uno o dos órganos, la donación de hueso (7 en dos años) es baja, pues existe la creencia de que el donante queda muy mutilado. Esto, en ocasiones es verdad ya que seguimos a MALININ (149): «cuanto más hueso obtengamos, mejor».

La técnica para tomar tejido óseo, está bien esquematizada desde hace tiempo por HYATT (150) y en la actualidad por FRIEDLAENDER y MANKIN (151).

Como se ha visto anteriormente, el cirujano ortopédico es el último en actuar en una donación multiórgano cuando llega su turno, las condiciones de asepsia son mínimas ya que han estado actuando otros compañeros durante un tiempo prolongado, deberemos entonces cubrir al donante con campos estériles y hacer una limpieza y recogida del suelo del quirófano y comenzar con unas medidas de asepsia rigurosa:

- Limpieza de la piel con Solución de Clorhexidina o con Yodopovidona (88).
- Utilización de campos de plástico tipo Steri-Drape u Op-Site (152).

Existe un orden de extracción (150) que puede alterarse según las necesidades, este orden es: costillas, húmero, huesos del antebrazo y mano, cresta iliaca, fémur, tibia y peroné.

La reconstrucción de los miembros, se hará con estacas de madera, clavos de osteosíntesis o con vendas de yeso ensartadas.

## Preparación del injerto

Cuando el tejido obtenido son Cabezas femorales, la instrumentista procede a limpiarla (Foto 4) con bisturí o tijera, extirpando restos de cápsula y periostio.

Es discutible si es conveniente en este primer tiempo la limpieza del cartilago articular, creo que no es necesario ya que el cartilago puede actuar como barrera que contribuye a su conservación (68), además su manipulación multiplica las posibilidades de contaminación (153).

Una vez limpiado el injerto, se procede al lavado y secado (Foto 5) cuidadoso y la toma (Foto 6) de muestras para cultivo y Anatomía Patológica.

Para la conservación del injerto de cabeza femoral, utilizamos frasco de cristal (Foto 7) que viene en un sobre de papel especial utilizado para la esterilización. Se utiliza el Oxido de Etileno, ya que el frasco tiene una junta de goma y además dentro, van dos pequeños recipientes de plástico para las muestras de Cultivo y Anatomía Patológica que son alterables por el calor.

Otra ventaja del frasco de cristal, es que se puede volver a utilizar, se ve el tamaño de la cabeza, son baratos y tiene una junta de goma que le permite un cierre hermético.

Encima de la tapa del frasco, va una etiqueta autoadhesiva de Identificación, con el número de orden, el nombre del donante, el número de su historia clínica y la fecha de extracción, son los mismos datos que van en la hoja de protocolo.

El plazo de tiempo que se debe de tardar en introducir el frasco con la cabeza en el congelador, debe ser el menor posible, aunque se puede trasladar en los contenedores especiales de órganos durante 24 horas antes de meterlos en el congelador, esto facilita la colaboración entre hospitales.

Si el injerto es de donante multiórgano, el tejido óseo obtenido, se va colocando en un recipiente con suero fisiológico que cubre las piezas, le añadimos antibióticos: Vancomicina: 500 mgr./litro, más Gentamicina: 80 mgr/litro se puede utilizar también Solución de Bacitracina más Polimixina, aunque la primera pauta está más indicada debido a que las contaminaciones son debidas en su mayoría a Estafilococo Epidermidis (101) (154) (155) (156).

Mientras se van haciendo las extracciones, los injertos están cubiertos con campos estériles en una mesa aparte. Una vez terminada la extracción del donante multiórgano, el equipo médico se cambia de bata y guantes y comienza la preparación de las piezas: desperiostización, limpieza de las partes blandas, corte de las piezas según las necesidades, medición y radiografías de las mismas.

Dado el tamaño de estos injertos, se conservan en 3 bolsas de plástico de cloruro de polivinilo que parece más fiable que el polietileno (146). Encima de la bolsa, se coloca la etiqueta adhesiva con los mismos datos de la etiqueta del frasco, más la medición del injerto, estos datos se apuntan en la hojas de protocolo.

Estos injertos, se pueden guardar en un frigorífico a +4° C y prepararlos a la mañana siguiente por otro equipo más descansado. Creo que así pueden aumentar las contaminaciones.

## Utilización del injerto

Desde los trabajos de PARRISH (97) se menciona que se debe esperar un plazo de tres semanas para poder obtener la degradación parcial de las proteínas de histocompatibilidad.

En otros Bancos de Huesos, como el que tiene PARHOFER (157) en Memmingen en ocasiones se utiliza a los 7-14 días.

Este período de espera de tres semanas, nos viene bien pues así da tiempo a recibir toda la analítica, sin la cual no se puede utilizar el injerto, bajo ninguna circunstancia.

El período máximo de conservación para MALININ (144) y HUTEN (146) es de 3 a 6 meses cuando conservamos fragmentos pequeños (cabezas femorales) a -30° C y de dos a tres años cuando conservamos a -80° C. De todas maneras la demanda hasta ahora siempre es mayor que la oferta, por lo que el injerto no llega a estar conservado más allá de seis meses.

La descongelación se puede hacer lenta o rápida sin que haya diferencias biológicas sustanciales (49).

Una hora antes de la intervención, se extrae el frasco del congelador, permitiendo que se vaya descongelando lentamente a la temperatura ambiente. Cuando comienza la intervención la enfermera circulante abre el frasco y con pinzas estériles extrae el injerto y lo coloca en una solución Ringer o de suero fisiológico a la que se le añade antibióticos (Foto 8).

Previamente a los antibióticos, se toma una muestra para cultivo y así ver si el injerto estaba contaminado y poner el tratamiento antibiótico general adecuado.

Pero cuando descongelamos piezas conservadas a -80° C, el suero debe estar calentado a +40° C (68), aunque también puede utilizarse caliente, con piezas pequeñas a las que queremos hacer una descongelación rápida (146).

Los antibióticos que añadimos, dependerán de la frecuencia de los gérmenes encontrados, de su sensibilidad y de la ecología hospitalaria.

Los gérmenes más frecuentemente encontrados (101) (144) (154) (155) (156), son: el Estafilococo Epidermidis y el Estafilococo Aureus.

Basado en esta frecuencia, utilizamos la pauta del Banco de Huesos de la Universidad de Miami (144) que hemos modificado, se utiliza :

- Vancomicina: 500 mgr/litro.
- Gentamicina: 80 mgr/litro.

La Gentamicina se usa porque es estable con el calor y a la temperatura ambiente. La Vancomicina porque es soluble, tiene sinergia con la gentamicina y es muy activa frente a los Estafilococos (144).

Se pueden utilizar otros antibióticos: DOPPELT (154) utiliza la Polimixina más Bacitracina, PARHOFER (157) polvo de Neomicina y POITOUT (158) la Rifampicina.

## Instrumentación del injerto

Una vez descongelado el injerto, viene un tiempo engorroso que es el pelado de la superficie cartilaginosa de la cabeza femoral (Foto 9). La cabeza se puede fijar a la tabla de madera con un clavo de Steiman y limpiarla de cartilago con bisturí, escoplo y con sierra eléctrica, pero esto es menos aconsejable porque el desprendimiento de calor puede dañar la estructura del injerto.

La cabeza se puede fijar en una plataforma diseñada por el Dr. Aguilar, con un tornillo de esponjosa y con dos agujas de Kirschner desde abajo para que no rote, una vez fijada la cabeza, se puede pelar mediante las fresa de la Prótesis de Wagner de Doble Cúpula, pero de un tamaño mayor: 55 mm. de diámetro.

Un accesorio indispensable en la preparación del injerto, es el molinillo de SEILER y SCHWEIBERER, más conocido como molinillo de PARHOFER (Foto 10) (157).

El injerto de cabeza femoral se puede preparar de formas distintas, dependiendo su consistencia en el numero de pasadas por el molinillo (Foto 11) obteniendo así papilla para rellenar cavidades (tumores, quistes) o para injertos en columna (Foto 12) o en forma de cuñas (Foto 13) para cirugía de la cadera.

Otra utilización espectacular, es el empleo de la cabeza en su totalidad, ensartada como una brocheta (Foto 14) con un clavo de Grosse y Kempf y utilizadas en resecciones tumorales.



FOTO 2. Congelador normal



FOTO 3. Congelador -80°C



FOTO 4. Limpieza del injerto



FOTO 5. Lavado del injerto



FOTO 6. Toma de muestras para Cultivo y Anatomía Patológica



FOTO 7. Frasco de cristal con etiqueta

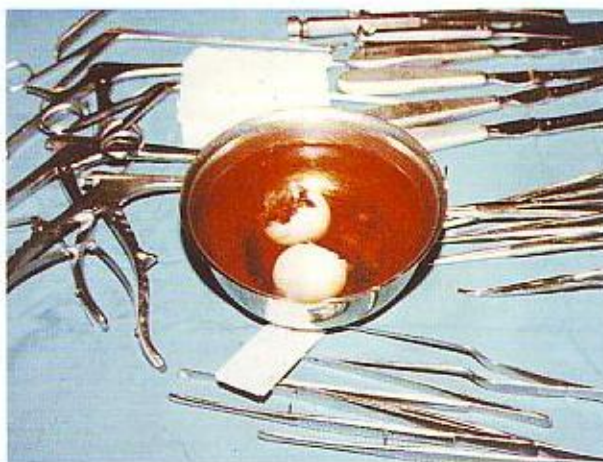


FOTO 8. Injerto con suero



FOTO 9. Pelado de la cabeza



FOTO 10. Molinillo de Parhofer

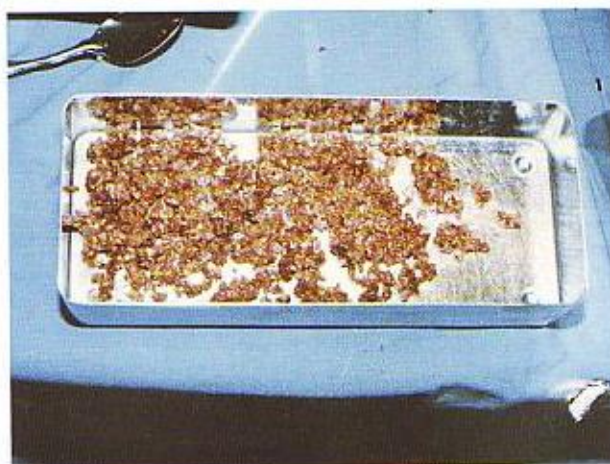


FOTO 11. Injerto esponjosa



FOTO 12. Injertos en columna



FOTO 13. Cuñas



FOTO 14. Cabezas ensartadas en «Brocheta»



# 11. Estudio económico de un banco de huesos

La aparición del Banco de Huesos ha traído una serie de Ventajas para el paciente como son :

- 1<sup>a</sup>) Menor tiempo de intervención, en las Escoliosis calculamos unos 30 minutos menos, datos que concuerdan con los de MALININ (144) y DODD (159).
- 2<sup>a</sup>) Al no extraer el injerto de la cresta iliaca, existe una zona quirúrgica menos, con lo cual hay una zona menos con riesgo de infección (160) y de hemorragia. Evitamos una zona quirúrgica que se caracteriza por dolor postoperatorio.
- 3<sup>a</sup>) Sin el injerto de banco, existirían pacientes a los que por tener que poner gran cantidad de hueso (resecciones tumorales) habría que hacer tratamientos más cruentos (amputaciones) o que cuando el suyo es insuficiente y de mala calidad (Escoliosis Paralíticas) (161) no se les podría intervenir.

En el caso de los rescates protésicos, el injerto de banco nos permitirá poner una nueva prótesis, evitando intervenciones de resección tipo Girdlstone.

Disminución del Coste Hospitalario al:

- 1<sup>o</sup>) Disminuir la cantidad de sangre a trasfundir, al ser menor la hemorragia (159) (161) (162).
- 2<sup>o</sup>) El tiempo de anestesia disminuye, con lo cual disminuir los fármacos utilizados y los analgésicos postoperatorios.
- 3<sup>o</sup>) Al no haber otro campo quirúrgico, se utiliza menos material de sutura y de drenaje.

Para hacer el estudio económico del Banco de Huesos, se ha tomado como intervención de referencia la Escoliosis, ya que su tratamiento quirúrgico es el mismo se utilice auto u homoinjerto.

Se ha utilizado un estudio del costo de hora de quirófano, lo cual ha resultado verdaderamente difícil, pues no hemos encontrado en nuestro hospital, datos fehacientes.

La diferencia de 26.184 pts., entre la cantidad de 33.816 pts. que es el monto que se ahorra en los distintos conceptos al colocar hueso de banco y las 7.632 pts. que cuesta el hueso (2 cabezas) para la Escoliosis, es suficientemente significativa.

En el primer epígrafe de este estudio, hay que señalar que están incluidos los costos de aquellos materiales e instrumental necesario para el funcionamiento, pero para calcular la amortización, solo se utilizan los señalados con un asterisco (\*), ya que son los que verdaderamente inciden en la extracción de una cabeza femoral.

En el segundo epígrafe, los costos de los análisis, están obtenidos del costo de los análisis del Departamento de Medicina Nuclear de nuestro Hospital y del estudio económico del servicio de Medicina Nuclear, del Prof. FRANQUESA GRANER (163) de la Universidad Autónoma de Barcelona.

## Estudio económico de un banco de huesos

### 1. Gastos de Instalación:

Precio Congelador -30° (*) .....	85.000 pts.
Precio frascos 500 cc. (*) .....	20.000 pts.
Instalaciones (*) .....	80.000 pts.
Sistemas de Seguridad (*) .....	120.000 pts.
Soporte pelacabezas .....	125.000 pts.
Molinillo .....	270.000 pts.
<u>TOTAL .....</u>	<u>700.000 pts.</u>

### 2. Gastos por Cabeza Femoral:

Amortización al 15 % de 305.000 pts. entre 96 cabezas (1er año) .....	476.476 pts.
Costo eléctrico 140 W/h. funcionando 50 % del tiempo = 1,7 Kw x 10,68 pts. = 18,2 pts./día repartido entre 15 cabezas con un promedio de estancia de 38 días 18,238: 15 = .....	46 pts.
Antígeno Australia .....	645 pts.
SIDA .....	645 pts.
Cultivo de la Cabeza .....	850 pts.
<u>TOTAL .....</u>	<u>2.852 pts.</u>
10 % Cabezas desechadas (*) .....	285 pts.
<u>Costo total de una cabeza al salir del Banco .....</u>	<u>3.137 pts.</u>

### 3. Costo Solución Descongeladora:

Vancomicina 500 mgr/l. = 1.018 pts 500 mgr.	
Gentamicina 80 mgr/l. = 63 pts 80 mgr.	
Para 250 cc. ....	299 pts.
Suero .....	118 pts.
<u>TOTAL .....</u>	<u>417 pts.</u>

### 4. Ahorro de una escoliosis con Injerto de banco:

45 min. de Quirófano a 34.370 pts/hora (*) .....	25.778 pts.
0,9 Bolsas de Sangre a 6.500 pts. (*) .....	5.850 pts.
2 Paquetes de Dexon a 509 pts. (*) .....	1.018 pts.
2 paquetes de Seda a 109 pts. ....	218 pts.
1 Apósito estéril (*) .....	552 pts.
1 Drenaje (*) .....	400 pts.
<u>TOTAL .....</u>	<u>33.816 pts.</u>

### 5. Gasto de una Escoliosis con Injerto de Banco:

Se gastan un promedio de 2,3 cabezas femorales por Escoliosis.

2,3 cabezas por 3.137 .....	7.215 pts.
Solución Descongeladora .....	417 pts.
<u>TOTAL .....</u>	<u>7.632 pts.</u>
<u>DIFERENCIA .....</u>	<u>26.184 pts.</u>

6. Costo de 1 hora de Quirófano:

3 Cirujanos, 1 Anestesiista, 3 ATS, 2 Auxiliares, 1 Celador, 1-Limpiadora, 11 a 2.000 pts./hora .....	22.000 pts.
Esterilización, Mecánicos, Calefactores, Fontaneros, Electricistas, Pintores, Albañiles, etc., 2 horas .....	4.000 pts.
Obra, instalaciones, aparatos .....	48.000.000 pts.
Amortización al 20 % 9.600.000 pts. Funciona 35 h/sem. * 50 sem. = 1.750 h/año. 9.600.000: 1.750 (Hora) .....	5.485 pts.
Material Fungible = 100.0000.000. Amortización al 20 % de 100.000.000 .....	20.000.000 pts.
20.000.000 : 1.750 = 11,452 : 4 Quirófanos (Hora) .....	2.885 pts.
1 hora Quirófano H.U.V.R. ....	34.370 pts.

En el epígrafe 4, los 45 minutos de ahorro de tiempo, concuerdan con los tiempos de DODD (159) y AURORI (162). El ahorro de sangre es exacto: 0,9 bolsas de sangre, AURORI tiene un ahorro de 330 ml.

El material fungible del epígrafe 6, está redondeado pues es muy difícil de apreciar. La división por 4, es debido a la existencia de 4 Quirófanos en funcionamiento en el Departamento.

## 12. Aspectos medio-legales del trasplante oseo

La obtención actual de cabezas femorales, puede legalmente incluirse en el Artículo cuarto de la Ley 30/1979, de 27 de Octubre, de la Jefatura del Estado, sobre extracción y trasplante de órganos («B.O.E.» núm. 266, de 6 de Noviembre de 1979). Se refiere dicho artículo a la donación de donantes vivos, aunque en estos casos no existiría una donación directa, ya que el «donante» es en realidad un paciente al que hay que intervenir para tratar y curar una fractura subcapital de fémur o una Coxartrosis y que hasta hace poco tiempo su cabeza femoral se tiraba.

Pero existen en alguna ocasión, donantes vivos que suelen ser el padre o la madre de un niño con una Escoliosis Paralítica.

Esta Ley deroga la de dieciocho de diciembre de mil novecientos cincuenta.

La Ley 30/1979, se refiere a la Extracción y trasplante de órganos y dice:

*Artículo primero.* La cesión, extracción, conservación, intercambio y trasplante de órganos humanos, para ser utilizados con fines terapéuticos, sólo podrán realizarse con arreglo a lo establecido por la presente Ley y por las disposiciones que se dicten para su desarrollo.

*Artículo segundo.* No se podrá percibir compensación alguna por la donación de órganos. Se arbitrarán los medios para que la realización de estos procedimientos no sea en ningún caso gravosa para el donante vivo ni para la familia del fallecido. En ningún caso existirá compensación económica alguna para el donante, ni se exigirá al receptor precio alguno por el órgano trasplantado.

*Artículo tercero.* El Ministerio de Sanidad y Seguridad Social autorizará expresamente los Centros sanitarios en que pueda efectuarse la extracción de órganos humanos.

*Artículo cuarto.* La obtención de órganos procedentes de un donante vivo, para su ulterior injerto o implantación en otra persona, podrá realizarse si se cumplen los siguientes requisitos:

- Que el donante sea mayor de edad.
- Que el donante goce de plenas facultades mentales y haya sido previamente informado de las consecuencias de su decisión.
- Que el donante otorgue su consentimiento de forma expresa, libre y consciente, debiendo manifestarlo por escrito, ante la autoridad pública que reglamentariamente se determine.
- Que el destino del órgano extraído sea su trasplante a una persona determinada, con el propósito de mejorar sustancialmente su esperanza o sus condiciones de vida, garantizándose el anonimato del receptor.

*Artículo quinto.* Uno. La extracción de órganos u otras piezas anatómicas de fallecido podrá hacerse previa comprobación de la muerte. Cuando dicha comprobación se base en la existencia de datos de irreversibilidad de las lesiones cerebrales y, por tanto, incompatibles con la vida, el certificado de defunción será suscrito por tres Médicos, entre los que deberán figurar un Neurólogo o Neurocirujano y el Jefe del Servicio de la unidad médica correspondiente, o su sustituto; ninguno de estos facultativos podrá formar parte del equipo que vaya a proceder a la obtención del órgano o a efectuar el trasplante.

Dos. La extracción de órganos u otras piezas anatómicas de fallecidos podrá realizarse con fines terapéuticos o científicos, en el caso de que éste no hubieran dejado constancia expresa de su oposición.

Tres. Las personas presumiblemente sanas que falleciesen en accidente o como consecuencia ulterior de éste se consideraran asimismo, como donantes, si no consta oposición expresa del fallecido. A tales efectos debe constar la autorización del Juez al que corresponda el conocimiento de la causa, el cual deberá concederla en aquellos casos en que la obtención de los órganos no obstaculizare la instrucción del sumario por aparecer debidamente justificadas las causas de la muerte.

*Artículo sexto.* El responsable de la unidad médica en que haya de realizarse el trasplante sólo podrá dar su conformidad si se cumplen los siguiente requisitos:

- Que el receptor sea plenamente consciente del tipo de intervención que va a efectuarse, conociendo los posibles riesgos y las previsibles ventajas que, tanto física como psíquicamente, puedan derivarse del trasplante.
- Que el receptor sea informado de que se han efectuado en los casos precisos los necesarios estudios inmunológicos de histocompatibilidad u otros que sean procedentes, entre donante y futuro receptor, efectuados por un laboratorio acreditado por el Ministerio de Sanidad.
- Que el receptor exprese por escrito su consentimiento para la realización del trasplante cuando se trate de un adulto jurídicamente responsable de sus actos, o por sus representantes legales, padres o tutores, en caso de pacientes con déficit mental o menores de edad.

Posteriormente, esta Ley 30/1979 se desarrolla por un Real Decreto 426/1980, de 22 de Febrero, («B.O.E.» num. 63, de 13 de Marzo de 1980), en el que destaca en el Capítulo Primero, Artículo segundo apartado b: «Que la extracción de un órgano de un donante vivo, sea compatible con la vida del donante y que no disminuya gravemente su capacidad funcional».

## CAPITULO II.

*Artículo sexto.* La extracción de órganos u otras piezas anatómicas de fallecidos sólo podrá realizarse en los Centros expresamente autorizados para ello por el Ministerio de Sanidad. Deberán reunir las siguientes condiciones y requisitos:

- Uno. Una organización y régimen de funcionamiento interior que permita asegurar la ejecución de la operaciones de extracción de forma satisfactoria.
- Dos. El personal médico y los medios técnicos que permitan comprobar la muerte en la forma indicada en el artículo diez.
- Tres. Un local de extracción o sala de operaciones con las condiciones de esterilidad.
- Cuatro. Personal médico con la cualificaciones que determinen en la autorización.
- Cinco. Los medios necesarios para la adecuada conservación de los órganos o piezas anatómicas extraídos.
- Seis. La integración del Centro sanitario en un sistema de intercambio.

Otro de los artículos de mayor interés, es el:

*Artículo diez.* Los órganos para cuyo trasplante se precisa la viabilidad de los mismos sólo pueden extraerse del cuerpo de la persona previa comprobación de la muerte cerebral basada en la constatación y concurrencia, durante treinta minutos, al menos, y la persistencia seis horas después del comienzo del coma, de los siguientes signos:

- Uno. Ausencia de respuesta cerebral, con pérdida absoluta de conciencia.
- Dos. Ausencia de respiración espontánea.
- Tres. Ausencia de reflejos cefálicos, con hipotonía muscular y midriasis.
- Cuatro. Electroencefalograma «plano», demostrativo de inactividad bioeléctrica cerebral.

Los citados signos no serán suficientes ante situaciones de hipotermia inducida artificialmente o de administración de drogas depresoras del sistema nervioso central.

Previo a la intervención, el médico coordinador de trasplantes del Centro, comprobará que existen:

- Pruebas de Histocompatibilidad y Analítica según manda la ley: Hepatitis, SIDA.
- Certificado de defunción según el Artículo quinto, uno de 30/1979.
- Autorización del Juez.
- Comprobación de que no consta oposición expresa del interesado.
- Nombre y apellidos de los médicos que han firmado la defunción y de los que van a hacer la extracción.

La única mención que existe en la legislación actual sobre extracción de huesos, está en las Disposiciones Finales del Real Decreto 426/1980,

*Primera:* las extracciones anatómicas efectuadas para la práctica de trasplantes de córnea y otros tejidos tales como huesos, piel y vasos podrán ser realizadas sin demora y en los propios lugares del fallecimiento. Para acreditar este no será imprescindible constatar los signos de muerte cerebral en la forma establecida en el artículo diez.

Aunque el artículo quinto de la Ley 30/1979, en sus apartados dos y tres deja claro la donación si no hay un deseo escrito en contra del donante, existe actualmente en muchas ocasiones la oposición de la familia a la donación, aunque previamente la hayamos informado haciendo referencia a los principios informantes de la legislación que son los de altruismo y solidaridad humanos y respeto absoluto de la libertad, intimidad, voluntad y creencias de cualquier clase de los interesados (Artículo séptimo).

Aunque la Ley está a favor de las donaciones, el médico no realiza la extracción aunque tenga autorización del Juez, pues no desea provocar «daño moral» a la familia y otras veces, quiere conservar su integridad física.

Actualmente y por la Orden de 24 de Junio de 1987 del Ministerio de Sanidad y Consumo (B.O.E. 14-7-87) se mencionan las pruebas necesarias a realizar en el TRASPLANTE DE ORGANOS, pruebas de detección anti-VIH en operaciones de obtención, trasplante, injerto o implantación de órganos humanos. En la que destacan, los artículos:

*Primero.* Todas las operaciones de obtención de un órgano o pieza anatómica humana incluidas las de médula, córnea, huesos, piel, vasos y cabellos, deberán estar precedidas de las correspondientes pruebas de detección de marcadores de VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana), entre ellas, al menos la prueba de detección de los anticuerpos anti-VIH, anteriormente denominados LAV/HTLV-III. Del resultado se dejará la correspondiente constancia y certificación.

*Tercero.* Asimismo, deberán realizarse las correspondientes pruebas previas de detección de VIH en la persona receptora, de las que también habrá de dejarse la correspondiente constancia y certificación.

## 13. Resultados

La necesidad de una fuente extra de injerto óseo, dio lugar a que en el mes de Julio de 1985, se extrajera la primera cabeza femoral y se conservara en un congelador de tipo doméstico.

Esta escasez de hueso es debida por un lado a pacientes con zonas dadoras de mala calidad (Escoliosis Paralítica), pacientes que necesitan gran cantidad de injerto: Escoliosis con doble curva, rescate de prótesis totales de cadera y pacientes a los que sin esta fuente de injerto, habría que hacerles técnicas más agresivas (amputaciones en tumores óseos) y en otros casos tratar, prevenir fracturas patológicas y mejorar las condiciones de vida de pacientes con metástasis.

### Estadísticas del departamento

El numero de cabezas femorales recogidas en el Banco de Huesos del Hospital Universitario «Virgen del Rocío» desde Julio de 1985 hasta Enero de 1989, es de 358. (Hojas Estadísticas E.1 y E.2).

Los donantes multiórganos desde marzo de 1987 hasta Abril de 1989, es de 7, con un numero total de piezas óseas de 16.

La distribución de las Cabezas Femorales ha sido:

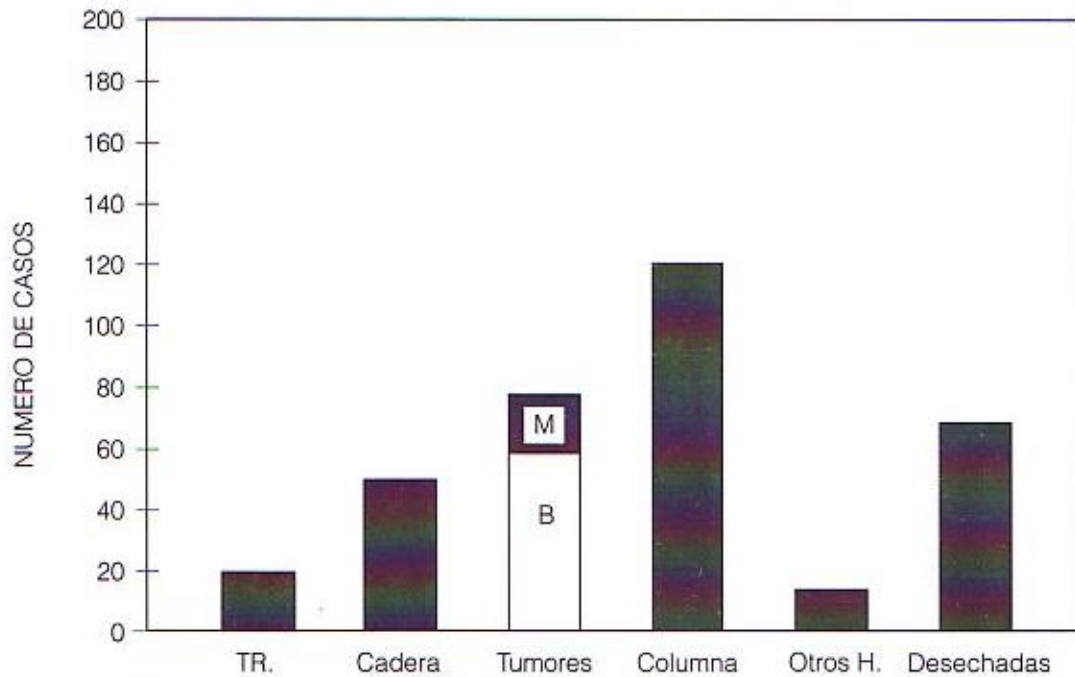
Traumatología: 16: 1 cabeza por caso.

- Fracturas de Meseta Tibial .....	6
- Fracturas de Pilon Tibial .....	8
- Osteotomías (cuñas) .....	2

Infecciones: 3 (Papineaux: 2 casos).

Cirugía de Rescate de Cadera: 48: 24 casos.

E.1. DISTRIBUCION CABEZAS FEMORALES. 358 CABEZAS FEMORALES. 1985-1988



Tumores Oseos: 76.

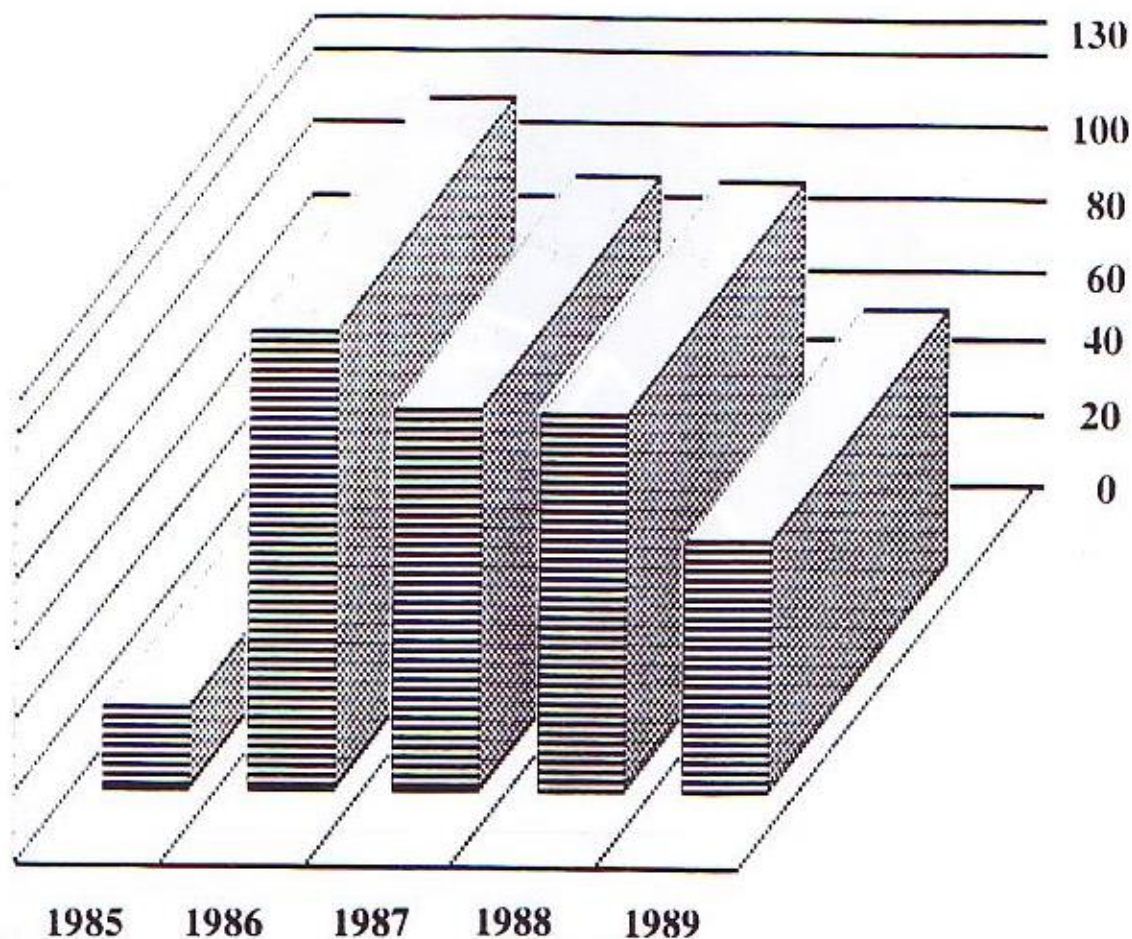
- Benignos .....	56
• Q.O.Aneurismatico: 16 casos, 23 cabezas.	
• Q.O.Solitario: 10, 12 cabezas.	
• T.C.Gigantes: 6, 17 cabezas.	
• Condrioblastoma: 4, 4 cabezas.	
- Malignos .....	20
• Osteosarcoma Parostal: 3 casos, 13 cabezas.	
• Metástasis Solitaria: 2, 7 cabezas.	

Cirugía de la Columna: 126.

- Escoliosis: 50 casos, 2 cabezas x caso: 100.
- Fracturas: 20 casos, 24 cabezas.
- Espondilolistesis: 2 casos, 2 cabezas.

Enviadas a otros Hospitales .....	17
- H.Riotinto (Huelva) .....	2
- H.U.V.M (Sevilla) .....	8
- Residencia (Jerez) .....	3
- H.I.Elena (Huelva) .....	2
- Clínica S.C (Sevilla) .....	2

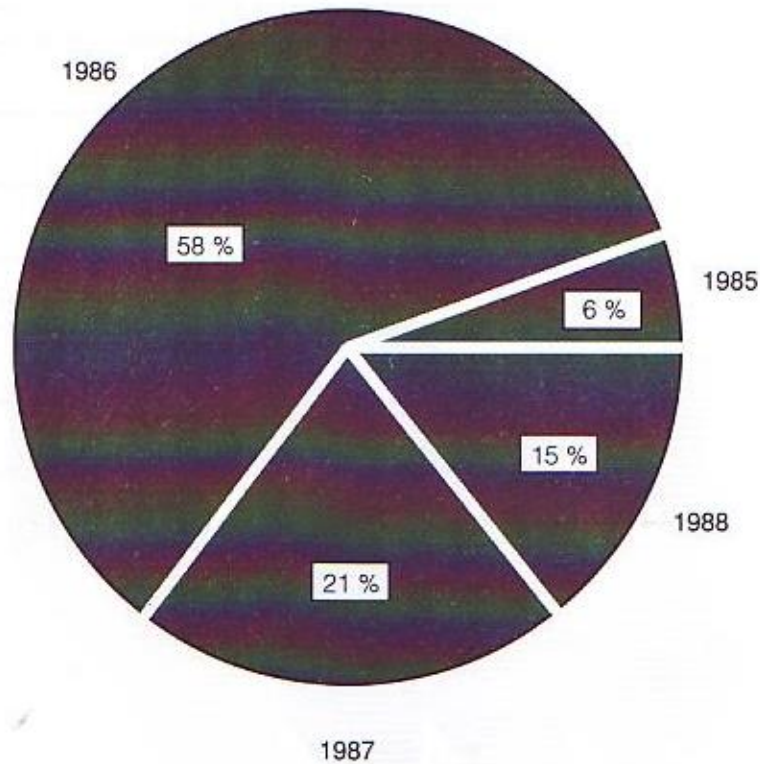




Desechadas: 72. (Hojas Estadísticas E.3 y E.4).

- Infecciones .....	45
• Estafilococo Epidermidis: 34.	
• Estafilococo Aureus: 1.	
• Corynebacterium: 2.	
• E. Coli: 1.	
• Hepatitis: 4.	
• Sífilis: 2.	
• S.I.D.A.: 1.	
- Sin Analítica .....	12
- Parada del Congelador .....	11
- Caída al suelo .....	2
- No utilizadas .....	2

De las 16 piezas de los 7 donantes multiórgano, se ha desechado una por contaminación con Estafilococo Epidermidis.



Una (un radio) se ha utilizado en el tratamiento de un Tumor de Células Gigantes de Epífisis Distal de Radio.  
Dos piezas se han utilizado en dos casos de cirugía de rescate de la cadera.  
Una diáfisis en el tratamiento de una secuela de una fractura de fémur infectada.  
El resto de las 10 piezas, se mantiene conservadas en el congelador a  $-80^{\circ}$  C.

### Utilización del injerto en traumatología

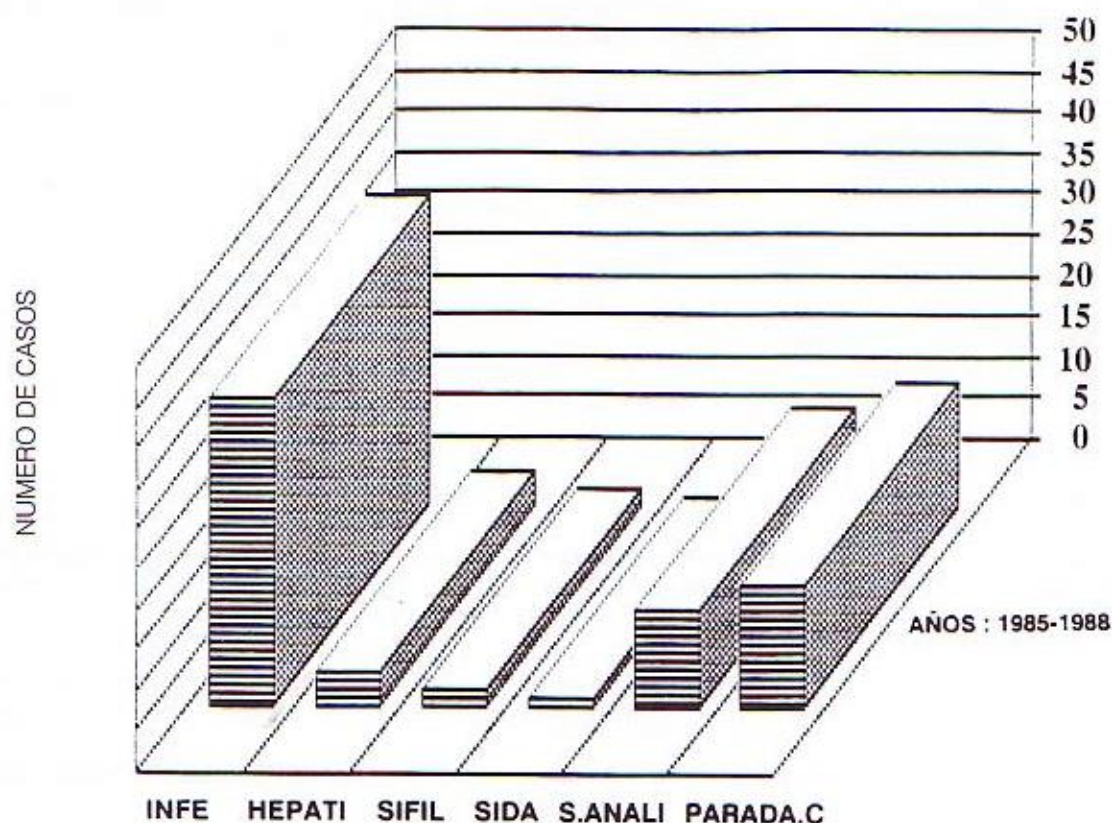
Su utilización en traumatología no es muy frecuente, en la estadística del departamento es el 4,4 %.

SICARD (46) utilizaba los aloinjertos corticales como placa de osteosíntesis, teniendo un 87 % de buenos resultados.

Otra técnica de utilización es la de HERBERT y PAILLOT (164) que utilizan el injerto encastrado en las fracturas de húmero.

El resultado de la buena incorporación del aloinjerto va a depender de: la edad del receptor, la buena vascularización del lecho y una buena osteosíntesis, teniendo siempre presente el tiempo más largo de incorporación del injerto (90) y sus propiedades biomecánicas (54).

Se ha utilizado en 16 casos, usando una cabeza por caso en forma de «Chips» de esponjosa (Foto 11).



El caso Nº 1 se trata de una Fractura Conminuta del Pílon Tibial (Fotos 15 y 16) que se trata con relleno de injerto homologo y una placa, con una buena consolidación a los cuatro meses y medio (Fotos 17 y 18).

Los *Criterios de Valoración de la Incorporación del Injerto* son:

- 1º) Clínica: Ausencia de dolor espontáneo y a la marcha. Buena movilidad.
- 2º) Radiológica: Imagen de consolidación, buen callo.
- 3º) Escintigrafía ósea. Los trabajos de ROSENTHAL (165) con Tecnecio 99 y Galio 67, mencionan una fase de hiperactividad de los autoinjertos entre los 2 y 4 meses, mientras que para CAFFINIÉRE y POSTEL (166) los aloinjertos no presentan hiperfijación a los 6 meses, hay que esperar entre 1 y 2 años.

Lo ideal será hacer una valoración cuantitativa de la fijación mediante Escintimetría como hace STROMQVIST (167) pero requiere aparatos costosos, de los que se dispone en pocos sitios.

El Caso Nº 2, se trata de un paciente de 17 años, que es tratado de una Fractura Conminuta de Fémur, mediante Placa de Muller y tornillos (Foto 19), posteriormente hace una infección por Pseudomona Aeruginosa, le retiran la placa (Foto 20) y al año lo vemos con esta imagen (Foto 21) en la que se aprecia gran pérdida de sustancia.

Se descarta actividad del foco mediante analítica y cultivo por punción aspiración.

Se interviene utilizando diáfisis femoral de donante (Foto 22) y relleno con esponjosa de los cóndilos. Se fija el injerto mediante un clavo de Grosse-Kempf estático (Fotos 23 y 24). El periodo de seguimiento actual, es corto de dos meses, por lo que radiográficamente aún no se observa incorporación.

De estos 16 casos (16 cabezas), la única complicación resaltable, fué un seroma en una Fractura del Pilon tibial en la que se aisló un Estafilococo Epidermidis, que se trató y curó con antibióticos.

De las 3 cabezas utilizadas en 2 Papineaux, los resultados han sido malos en todos los casos, datos que concuerdan con los de POITOUT (168).

## Utilización del injerto en cirugía de la cadera

La utilización del injerto óseo en la cadera, se ha utilizado en 24 casos de cirugía de rescate protésico, con 2 cabezas por caso.

Todas las revisiones han sido en Caderas Asépticas. Esta revisión Aséptica de la cadera, se debe a:

1. Técnica Operatoria Deficiente.
2. Defecto de la Prótesis.

El fallo en la técnica operatoria para LING (169), nos lleva a un Aflojamiento de los componentes, favorecido a su vez por aumento de las tensiones aplicadas a la fijación (peso corporal elevado, golpes, etc) o por mala técnica de cementación.

Esta mala técnica operatoria, conduce también a Luxación o inestabilidad recurrente, Calcificaciones ectópicas y dolor de origen desconocido.

El defecto de la prótesis, debido a rotura del vástago, rotura del componente acetabular y a mala colocación de la prótesis (sable).

La indicación más frecuente para la cirugía de revisión, es el dolor debido a: prótesis protuidas, rotas o aflojadas.

La valoración de radiografías consecutivas, puede indicar una destrucción ósea progresiva, la revisión debe hacerse cuanto antes no esperando a que la pérdida ósea sea excesiva.

Desde el punto de vista técnico, la artroplastia de revisión, presenta para STILLWELL (170) una serie de características:

1ª) Es una gran intervención:

- Mayor duración.
- Mayor hemorragia.

2ª) Mayor índice de infección.

3ª) Dificultad del abordaje quirúrgico.

4ª) Dificultad para extraer los componentes.

5ª) Nuevo lecho de mala calidad.

6ª) Seguimiento más largo.

Uno de los puntos fundamentales de la artroplastia de revisión, es la necesidad de tener una fuente abundante de aporte óseo para conseguir un buen lecho de fijación de los componentes de la prótesis.

Los trabajos actuales de CHANDLER (171) revisando artroplastias cementadas de cadera en pacientes jóvenes, por debajo de 50 años, han sido desalentadores.

Por otro lado, recientes trabajos de CALLAGHAN (172), y KAVANAGH (173), hablan de los fracasos de las artroplastias cementadas de revisión a corto plazo.

Como alternativa a estos fracasos de las prótesis cementadas, han surgido una serie de prótesis de fijación «biológica» y con vástago largo para rescate de cadera.

Esta fijación biológica, precisara de una buena fijación mecánica inicial favorecida por el crecimiento hacia el interior (ingrowth) (174) de los poros (Foto 25) debiendo tener estos un tamaño que oscile entre 50 y 400  $\mu$  (175).

Esta fijación mecánica inicial necesaria para conseguir una buena fijación biológica, se consigue con vástagos estables que necesitan de un buen lecho óseo de apoyo. Este se consigue con aporte de hueso de Banco, que se puede utilizar en reconstrucciones del cotilo o del fémur (calcarplastias).

## RECONSTRUCCION DEL COTILO

El cotilo suele estar muy desgastado, ya sea con prótesis parciales protuídas o en prótesis totales con cotilos roscados o mal cementados.

Las técnicas de reconstrucción que seguimos, son la de HARRIS (174) (Esquema II-A y II-B) y la de BOOTS y ROTHMAN (176) (Esquema III) utilizando la cabeza femoral entera, tallada o en cuñas y con relleno del fondo del cotilo con papilla de esponjosa.

Hay autores como ROFFMAN (177) y SLOOF (178) que utilizan el injerto de esponjosa en las revisiones, en contacto con el cemento acrílico o utilizando una malla metálica. No creo que sea un buen método, pues el calor provocado por el cemento, puede dañar al injerto.

## RECONSTRUCCION FEMORAL

Las pérdidas de sustancia ósea femoral, son de gravedad variable y pueden ser metafisarias, diafisarias o las dos. Las diferentes lesiones, se asocian en ocasiones a fracturas a nivel de la punta del vástago.

Las pérdidas de sustancia según el Esquema de HUTEN (179) (Esquema IV), pueden ser de la pared, del trocanter mayor, del foco de fractura, etc.

Desde el punto de vista biomecánico, la pérdida más importante es la del calcar, pues según los trabajos de MARKOLF (180) y OH (181), la existencia del collar en la prótesis hace posible la trasferencia de cargas, esta se hace a través del calcar hacia el fémur proximal.

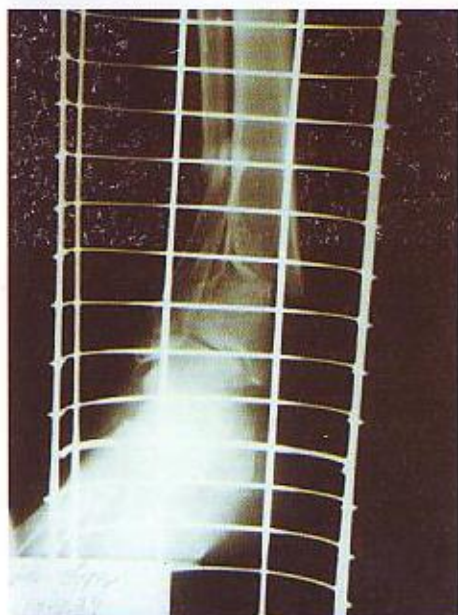


FOTO 15.  
Radiografía anteroposterior de tobillo

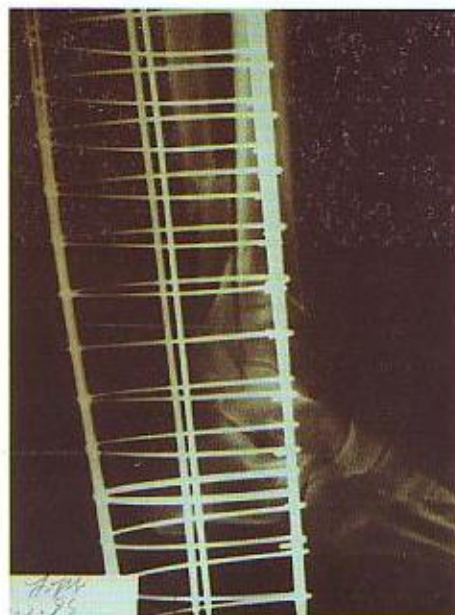


FOTO 16.  
Radiografía lateral de tobillo

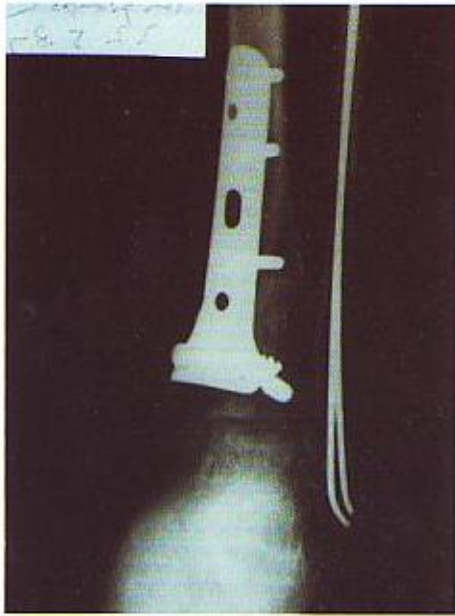


FOTO 17.  
Radiografía AP de tobillo más placa



FOTO 18.  
Radiografía lat. de tobillo más placa



FOTO 19.  
Fractura de fémur con placa infectada



FOTO 20.  
Retirada de placa más Fistulografía



FOTO 21.  
Radiografía de fémur con pérdida de sustancia

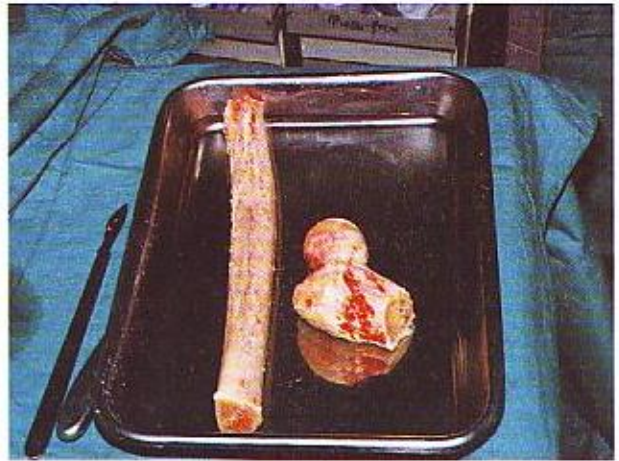


FOTO 22.  
Fémur de donante



FOTO 23.  
Rx AP con diáfisis de donante más clavo de GROSSE proximal

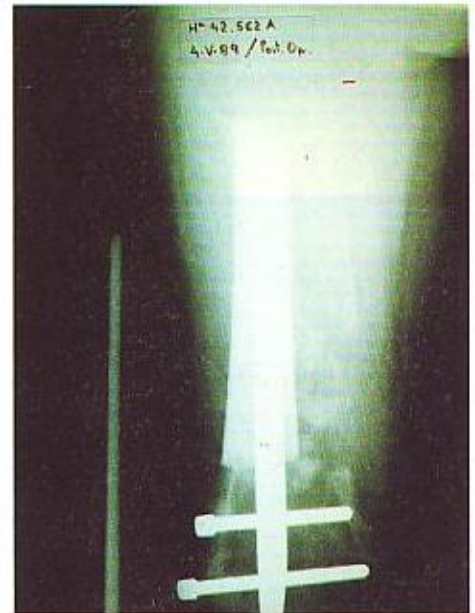


FOTO 24.  
Rx AP con diáfisis de donante más clavo de GROSSE distal

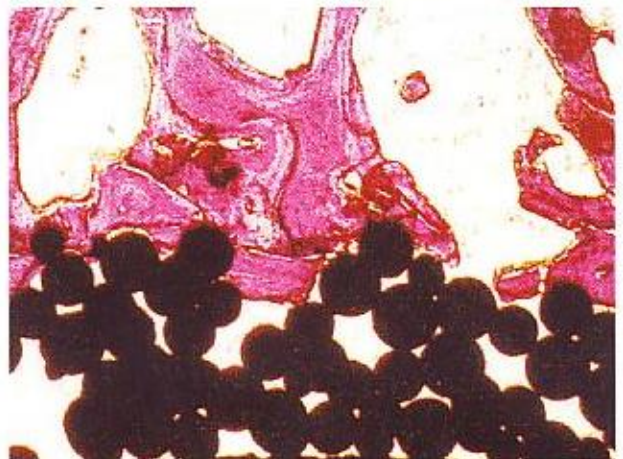
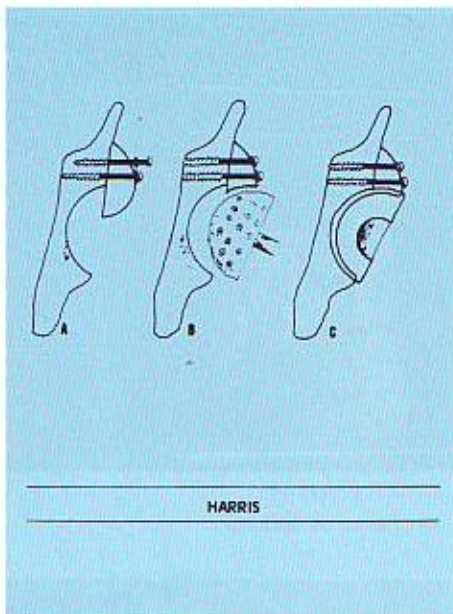
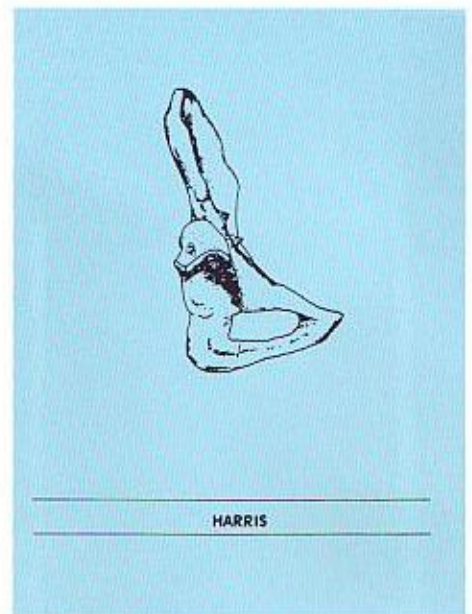


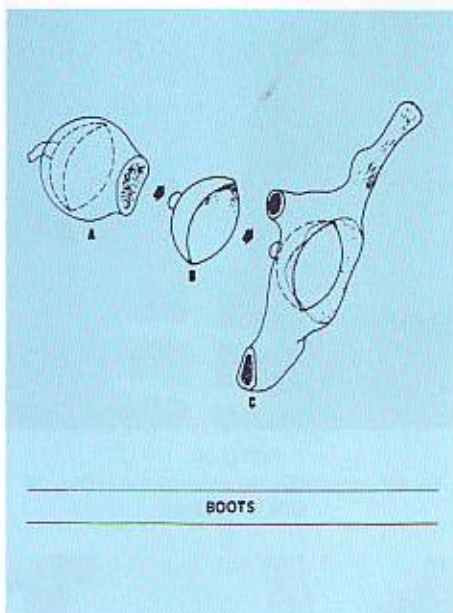
FOTO 25.  
Crecimiento de hueso hacia el interior de la superficie porosa



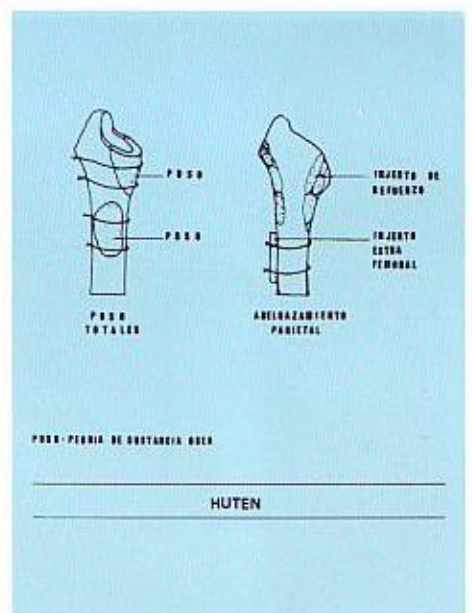
ESQUEMA II.A. Harris



ESQUEMA II.B. Harris



ESQUEMA III. Boots



ESQUEMA IV. Hutten



La reconstrucción del calcar, la hacemos con cuñas encastradas en la diáfisis y fijadas al vástago con cerclaje de alambre (Foto 26) o mejor con cintas de Partridge, con buena incorporación a los 6 meses (Foto 27).

En nuestra estadística, hemos utilizado los aloinjertos en 24 rescates, en los que hemos utilizado el vástago BASIC de tallo largo. Estos vástagos presentan para STILLWELL (170) una serie de ventajas:

- 1ª) Aumenta la superficie para la distribución de las zonas de stress.
- 2ª) Evita zonas con defectos actual o potencial.
- 3ª) Aumenta la superficie de fijación.
- 4ª) Entra en una zona distal «virgen».
- 5ª) Mejora la fijación cuando atraviesa el istmo.

A las 24 prótesis de rescate, se les ha hecho un seguimiento de un año.

El tiempo medio transcurrido entre la artroplastia primaria y la de rescate fué de 6 años, con un mínimo de 2 años y un máximo de 12 años.

Desde el punto de vista etiológico, 14 son Coxartrosis, 8 Necrosis Asépticas y 2 Espondilitis Anquilopoyéticas.

La edad media de los pacientes fué de 58 años, con una edad mínima de 34 años y una máxima de 78 años.

La proporción hombres/mujeres, es de 1/3.

Todos los rescates realizados tuvieron una serie de características:

- 1ª) Se hicieron sobre prótesis primarias con aflojamiento aséptico.
- 2ª) Todas las realizó un mismo equipo quirúrgico.
- 3ª) Se utilizó siempre:
  - La Vía de Kocher-Langenbeck.
  - Instrumental AV para la extracción del cemento femoral.
  - Profilaxis antibiótica con Cefalosporinas.
  - Injerto de Banco de Huesos.

## COMPLICACIONES

Las complicaciones inmediatas han sido:

- Dos falsas vías, que se resolvieron con el vástago de tallo largo.
- Una Embolia Pulmonar en una paciente que tenía profilaxis con Heparina Calcica.
- Un fallecimiento en una paciente a los 7 meses de la intervención, por un cuadro séptico de origen-desconocido.
- Tres seromas asépticos, resueltos con curas.

Estos 24 pacientes se empiezan a sentar a los 10-12 días, pero la deambulación en descarga se retrasa hasta los 2 meses, empezando con carga total entre los 6-7 meses según la evolución radiográfica del injerto y pensando siempre en la incorporación retardada del mismo.

El Caso Nº 3, se trata de un paciente al que le «hacen» un rescate con una PCA (Foto 28) sin extraer el cemento de la medular femoral. Se interviene extrayendo el cemento y el vástago, se pone un vástago BASIC de tallo largo (Foto 29), injerto de esponjosa, cuñas para realizar calcaroplastia y cintas de Partridge de fijación. Se deja el mismo cotilo que estaba bien fijado.

El Caso Nº 4 es el de una prótesis de LORD (Foto 30) movilizada, al que se le hizo un rescate con Vástago BASIC y Acetabuloplastia con Cabeza de banco fijada con tornillos (Foto 31).

## Utilización del injerto en cirugía de la columna

Los injertos conservados en la Cirugía de la Columna, tienen un triple interés:

- Aseguran un aporte óseo suficiente para las artrodesis, en aquellos pacientes malos donadores (Paralíticos, Distroficos) (161).
- Permiten reemplazos masivos después de corporectomias torácicas o lumbares (182).
- Evitan las complicaciones derivadas de la toma de injerto de cresta iliaca (hemorragia, dolor) (159).

Por los estudios clínicos comparativos de NASCA (183) se sabe que el porcentaje de éxitos en la fusión ósea utilizando hueso homologo es comparable a la utilización del hueso autologo.

Por otra parte, el homologo sería mejor, según los estudios de DODD (159) en los pacientes con escoliosis idiopática y para McCARTHY (161), mejor en las artrodesis de pacientes con escoliosis paralíticas.

Para DODD (159) y AURORI (162), otros de los beneficios del injerto homologo, es la disminución del tiempo operatorio (30 minutos) y de las pérdidas hemáticas, no encontrando diferencias en la incidencia de pseudoartrosis.

En la Estadística del Departamento (E-1 y E-2), se han utilizado 126 cabezas en la Cirugía de la Columna, de las cuales 100 han sido en Escoliosis; 40 E. Idiopáticas, 8 E. Paralíticas y 2 E. Congénitas. La media ha sido de dos cabezas por escoliosis. La instrumentación utilizada ha sido la de Harrington-Luque, Zielke y Cotrel-Dubousset.

La apreciación de los resultados, es difícil comparándola con series más antiguas, debido a que en la actualidad las técnicas de osteosíntesis utilizadas son mejores. Esta apreciación se realiza sobre signos radiográficos directos e indirectos (184). Estos últimos se refieren a la rotura del material que hace sospechar una pseudoartrosis del injerto.

Los signos directos, se refieren al volumen y a la densidad del injerto y a la interfase injerto-hueso del receptor. Con el injerto homologo, la visualización de la incorporación del injerto, es por encima de los 10 o 12 meses, en una ocasión tuvimos la oportunidad de hacer la revisión del injerto por una fistula persistente a los 8 meses de la intervención, encontrándolo incorporado aunque radiográficamente se apreciaba poca consolidación.

Las complicaciones en la Cirugía de la escoliosis, han sido: 4 pacientes tuvieron íleo, resuelto favorablemente.

En los 50 casos de Escoliosis, se encontraron 6 seromas asépticos y una infección por Estafilococo Epidermidis.

Se han encontrado un 6,2% de pseudoartrosis, diagnosticada por pérdida de corrección ( $> 10^\circ$ ), 1 rotura del material y 2 aflojamientos de las uñas. este porcentaje de pseudoartrosis, concuerda con el de AURORI (162), que menciona un 4,4 % de pseudoartrosis con injerto autologo y un 5,3 % con injerto homologo.

El ahorro de sangre intraoperatoria, fué de 300 ml y el tiempo de intervención se redujo en 30 minutos.

En el Caso N° 5 (Foto 32), se observa una radiografía AP de columna con una Escoliosis Idiopática, con una buena corrección utilizándose instrumentación de Harrington-Luque y artrodesis posterior con injerto conservado (Foto 33) pero que aún no se visualiza a los 6 meses de la intervención.

Se ha utilizado también el injerto homologo en el Tratamiento de las fracturas vertebrales inestables.

Se trataron 20 casos, 4 con alteraciones neurológicas en progresión, todas las fracturas eran muy inestables y con rotura del arco posterior.

Como método de osteosíntesis se ha utilizado el de DICK, que da muy buena estabilidad, asociándole artrodesis posterior con injerto homologo.

En el Caso Nº 6 (Fotos 34 y 35), se observa fractura de 2 vertebras, muy inestables y desplazadas. Se interviene mediante una buena reducción (Fotos 36 y 37) y estabilización con DICK y artrodesis posterior con injerto de banco que aún no se vé (Rx con 2 meses de Postoperatorio).

De las complicaciones, solo resaltar la aparición de 3 seromas asépticos y una infección superficial por Estafilococo Epidermidis.

A los 6 meses había consolidación en todas las fracturas, pero no se veía la artrodesis posterior.

## Tumores oseos

La utilización del injerto en patología tumoral, ya es mencionada por IMAMALIEV (39), OTTOLENGHI (47), VOLKOV (48) y PARRISH (97).

Desde los trabajos de ENNEKING (185) y DUPARC (186) su indicación está bien esquematizada.

El injerto se va a utilizar para rellenar cavidades después de curetajes (Q. Oseo) en forma de papilla, chips o mezclado con cuñas para mayor solidez (Foto 49).

Se puede utilizar las cabezas ensartadas (Fotos 14, 52 y 54) como una «brocheta» o injertos masivos para reconstrucción después de amplias resecciones como hacen MERLE D'AUBIGNE (187) o MNAYMNEH (188).

Las indicaciones del tratamiento de los tumores malignos, ha cambiado favorablemente en estos últimos años, debido a la radioterapia, quimioterapia e inmunoterapia, habiendo en la actualidad unas indicaciones más amplias de las resecciones tumorales.

Siguiendo a DUPARC (186), definimos la resección como la ablación amplia de un tumor óseo hasta tejido sano, rompiendo la continuidad del esqueleto e imponiendo en cierto numero de casos un procedimiento de reconstrucción para conservar la función del miembro.

Podemos realizar la resección y la reconstrucción con injertos, en:

- Tumores benignos muy recidivantes: Tumor de Células Gigantes, Condrioblastoma, Fibroma Condromixioide, Fibroma Desmoide, etc.
- Tumores de Malignidad local: T. Células Gigantes Grado II y III de la Clasificación de MERLE D'AUBIGNE (187), Fibrosarcomas de malignidad histologica reducida, Condrosarcomas Grado I, Sarcoma Parostal, Mieloma Solitario y Adamantinoma.

Los imperativos fundamentales para realizar la resección son:

- 1º) Conocimiento exacto del tipo de tumor.
- 2º) Exéresis en bloque del tumor.

En la Estadística del Departamento, se han utilizado 76 cabezas femorales, 56 en 36 pacientes con tumores benignos y 20 cabezas en 5 pacientes con tumores malignos (E-1).

Las complicaciones en los 36 pacientes con tumores benignos han sido : Una recidiva local de un Tumor de Células Gigantes, al que se le realizó posteriormente una resección, osteosíntesis e injerto homologo.

Hay dos infecciones, una por Estafilococo Epidermidis y otra por un Estafilococo Dorado, un tromboembolismo y tres seromas.

Las complicaciones en los tumores malignos, concuerdan con las de otros autores (186) (188).

De los 5 casos, tres son Osteosarcomas parostales y dos metástasis solitarias de tumores primitivos controlados.

Ha habido una infección por Estafilococo Epidermidis, resuelta con tratamiento antibiótico.

La infección en este caso ha estado favorecida por:

- Reintervención: recidiva T. Células Gigantes.
- Duración de la intervención y amplitud del campo operativo.
- Volumen del injerto (5 cabezas femorales).

Hay una rotura del Clavo de Grosse-Kempff especial («Custom made») en una Sarcoma parostal con 5 cabezas ensartadas.

Hay una recidiva local en una paciente joven con un Osteosarcoma Parostal, a la que se le hace una amputación (Foto 55).

Uno de los casos operado con metástasis, fallece a los 16 meses (Fotos 51 y 52).

El Caso Nº 7 (Foto 38) es un Condrioblastoma Benigno de la Epífisis proximal del húmero, al que se le hace un tomografía (Foto 39). Se trata mediante amplio curetaje y relleno de la cavidad con papilla de injerto conservado (Foto 40) con buena incorporación a los 6 meses.

El Caso Nº 8 (Foto 41) es un Quiste Oseo de metáfisis superior de tibia asociado a un defecto angular al que previamente se le había realizado una Epifisiodesis con grapas de Blount. Se utilizan dos cabezas, una para tomar una cuña que se utiliza para realizar una osteotomía de corrección y la otra para rellenar el quiste. A los 5 meses, se ve una buena consolidación de la osteotomía y del injerto (Foto 42).

El Caso Nº 9 (Fotos 43 y 44) es un Tumor de Células Gigantes de la epífisis distal del fémur, que se trata mediante resección más injerto de banco y fijador externo de Hoffman (Foto 45), con buena consolidación al año de la intervención (Foto 46).

El Caso Nº 10 (Fotos 47 y 48) es un Quiste Oseo Aneurismático de tibia de considerable tamaño, que se trata con injerto de esponjosa con cuñas intercaladas en forma de «sandwich» (Foto 49) para mayor solidez, con un buen resultado (Foto 50).

El Caso Nº 11 (Foto 51) es una Metástasis Solitaria de tibia en un paciente con un Hipernefroma controlado, con intensos dolores en la pierna. Se trata mediante resección en bloque y reconstrucción con cabezas femorales ensartadas con un clavo de Grosse-Kempff estático, se permite la carga a los 6 meses, hay un inicio de incorporación del injerto a los 8 meses (Foto 52). A este paciente le desaparecieron los intensos dolores, mejoraron sus condiciones de vida, pero falleció a los 16 meses de la intervención.

El Caso Nº 12 (Foto 53) es un Osteosarcoma Parostal Distal de Fémur en una paciente de 17 años a la que se le realiza una resección amplia, injerto con cabezas ensartadas como una «brocheta» con clavo de Grosse-Kempff estático e incorporación a los 14 meses (Foto 54). En estos casos se debe diferir la carga al menos durante 4-6 meses, pensando en la correlación que existe entre el proceso de reparación y la resistencia mecánica (102). Esta paciente hace una recidiva y a los 16 meses se hace una amputación. En la pieza amputada vemos (Foto 55) que el injerto está incorporado en su mayoría pero que existen zonas sin incorporar.

#### ANÁLISIS DE LA CASUÍSTICA

En la estadística del Banco de Huesos, de las 358 cabezas femorales extraídas, se han desechado (Estadística 3 y 4) 72, la mayor parte por contaminación con *Estafilococo Epidermidis*, siendo esta mayor (Estadística 3) al comienzo de la utilización del Banco, en 1986 un 58 %. Con el tiempo hemos sido más rigurosos en la manipulación del injerto, teniendo en 1988 un 15 % de cabezas desechadas.

Los resultados de la utilización del injerto en traumatología han sido buenos en los 16 casos pero no ha sido muy frecuente (4,4 %).

Los períodos de consolidación de las fracturas, Caso Nº 1 (Fotos 15, 16, 17 y 18) es de cuatro meses, datos que concuerdan con los de POITOUT (158) (168). En el Caso Nº 8 (Fotos 41 y 42) de una Osteotomía en cuña asociado a un Quiste óseo, la consolidación era completa a los cinco meses.

Las 3 cabezas empleadas en los 2 casos de osteitis (Papineaux), han sido malos, resultados similares a los de POITOUT (168).

La utilización del injerto óseo en la cirugía de la cadera, se ha hecho en 24 casos de cirugía de revisión de caderas asépticas. De los 24 casos, en todos cambiamos el vástago y en dos casos dejamos el mismo cotilo que estaba bien fijado, Caso Nº 3 (Fotos 28 y 29). De los 22 casos de revisión de cotilo en 3 hubo reabsorción del injerto, en los 19 restantes la incorporación era buena a los 6 meses dado que había una buena fijación del injerto, Caso Nº 4 (Fotos 30 y 31), datos que concuerdan con los de HARRIS (174) y BOOTS (176) y mejoran los de HEDDE (189).

De los 24 casos de revisión del vástago, en tres casos hubo reabsorción del calcar debido probablemente a la carga «precoz» a los 3 meses, eran los primeros casos, actualmente sentamos a los pacientes a los 10 días, empezando con carga total a los 6 meses valorando cuidadosamente la incorporación radiológica del injerto y pensando siempre en que el injerto congelado tiene una incorporación retardada. Estos datos concuerdan con los de HUTEN (179).

En los casos de cirugía de rescate, las complicaciones inmediatas han sido: dos falsas vías, una embolia pulmonar y tres seromas asépticos.

La apreciación de los resultados en la cirugía de la columna es difícil, comparándola con series más antiguas debido a que en la actualidad las técnicas de osteosíntesis utilizadas son mejores (Harrington-Luque, Cotrel-Dubousset, Dick, etc).

De todas maneras para DODD (159) y McCARTHY (161) el aloinjerto sería mejor para las artrodesis de pacientes con escoliosis idiopáticas y paralíticas.

De los 50 casos de Escoliosis (100 cabezas femorales), hemos encontrado un 6,2 % de pseudoartrosis diagnosticada por, una pérdida de corrección mayor de 10°, una rotura de material y 2 aflojamientos de las uñas, este porcentaje de pseudoartrosis, concuerda con los de AURORI (162), que menciona un 5,3 % de pseudoartrosis con aloinjerto.

El ahorro de sangre intraoperatoria que hemos tenido es de 300 ml y una disminución de 30 minutos en el tiempo de intervención, datos similares a los de DODD (159) y AURORI (162) con 330 ml y 38 minutos respectivamente.

La visualización del callo ha estado retardada (Foto 33) en todos los casos de escoliosis, viéndose callo a partir de los 10-12 meses. En un caso de revisión por fistula persistente, se comprobó la consolidación de la artrodesis a los 8 meses.

De los 50 casos de escoliosis operados, se han encontrado, 6 seromas asépticos uno en una fistula persistente y una infección por Estafilococo Epidermidis.

Los 20 casos de fracturas vertebrales han tenido buenos resultados, visualizándose la consolidación de las fracturas a los 6 meses, pero aún no se veía la artrodesis posterior.

Se han encontrado en el tratamiento de las fracturas vertebrales, 3 seromas asépticos y una infección por Estafilococo Epidermidis.

Hay que destacar que con la utilización del aloinjerto, han disminuido las infecciones. De un 4,8 % de infecciones por autoinjertos, a un 3 % (2 infecciones de 72 casos) con aloinjertos. Creo que esto es debido, a que con la utilización del aloinjerto se ha empezado a utilizar profilaxis antibiótica una hora antes de la intervención y por otro lado, se ha disminuido el tiempo de intervención. Estos datos de infecciones, no concuerdan con los de DEVRIES (83) y CLOWARD (100) que mencionan un 10-22 % de infecciones, acercándose más a los de TOMFORD (101) que encuentra un 6,9 % de infecciones.

En cirugía tumoral, se han utilizado en 36 casos de tumores benignos y en 5 casos de tumores malignos.

Los resultados de los tumores benignos fueron buenos, excepto en un caso de Tumor de Células Gigantes que tuvo una recidiva local y que terminó con una resección e injerto de banco, con buena consolidación al año de la intervención, Caso Nº 9 (Fotos 43, 44, 45 y 46).

Como complicaciones, hay dos infecciones, una por Estafilococo Epidermidis y otra por Estafilococo Aureus, que representan un 5,5 %. Hay también, una tromboembolia y tres seromas asépticos.

De los 5 casos de tumores malignos, hay una infección por Estafilococo Epidermidis. Hay una rotura de un Clavo de Grosse-Kempf especial y una recidiva local en una paciente joven con un Sarcoma Parostal, a la que se le hace una amputación (Foto 55). Uno de los casos operado de metástasis, fallece a los 16 meses (Fotos 51 y 52).

Los datos de incorporación del injerto concuerdan en los tumores benignos con los de HERNIGOU (145), estando alrededor de los 3-4 meses. Los casos de tumores malignos, tienen una incorporación muy retardada, dado que el injerto es masivo, en un lecho mal vascularizado y en pacientes que aunque jóvenes, reciben dosis de citostaticos que retrasan aún más la incorporación del injerto (145). En estos casos puede llegar a ser como dice URIST (90), de hasta 2 años. En el Caso Nº 12 (Foto 55), se ve en el corte que a los 16 meses y aún dado el tamaño del injerto, este estaba incorporado en su mayoría.

El numero total de infecciones en patología tumoral ha sido de 7,3 %, datos similares a los de LOTY (190) con un 6,8 % (1987) e inferiores a los de MERLE D'AUBIGNÉ (187) con 35 % (1955-1970) y a los de MANKIN (191) con 14,9 % (1971-1981).

Con todo esto, creemos que el aloinjerto congelado, es una buena fuente de injerto y que viene a cumplir el deseo de todo cirujano ortopédico con la frase de WATSON-JONES (116):

***Cuando implanto un injerto, quiero hueso que luche por mi.***



FOTO 26.  
Rx Protesis PM más injerto, más cerco de alambre.



FOTO 27.  
Calcaroplastia.



FOTO 28.  
Protesis PCA fuera de la diáfisis y sin  
retirada del cemento de la medular.



FOTO 29.  
Prótesis BASIC tallo largo, calcaroplastia  
y cintas de Partridge.



FOTO 30.  
Prótesis de LORD movilizada.

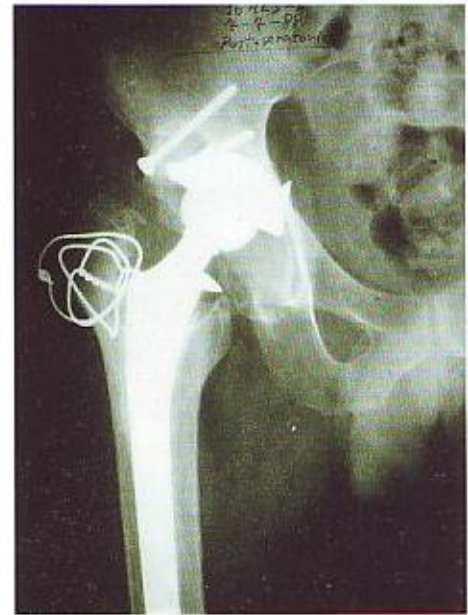


FOTO 31.  
Prótesis BASIC de rescate más  
acetabuloplastia.



FOTO 32.  
Rx AP de Escoliosis Idiopática.



FOTO 33.  
Rx AP y osteosíntesis  
HARRINGTON-LUQUE.



FOTO 34.  
Rx AP de Fracturas vertebrales lumbares.



FOTO 35.  
Rx Lat Fracturas vertebrales lumbares.





FOTO 36.  
Rx AP osteosintesis con DICK e injerto.

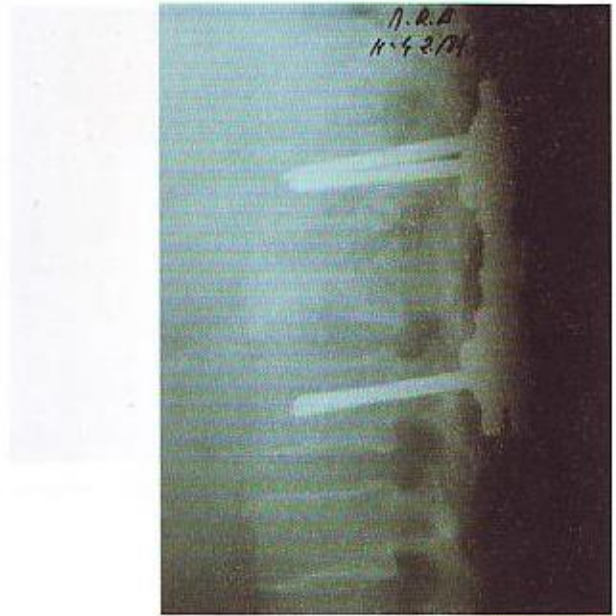


FOTO 37.  
Rx Lat osteosintesis con DICK e injerto.



FOTO 38.  
Rx AP CONDRBLASTOMA de húmero.

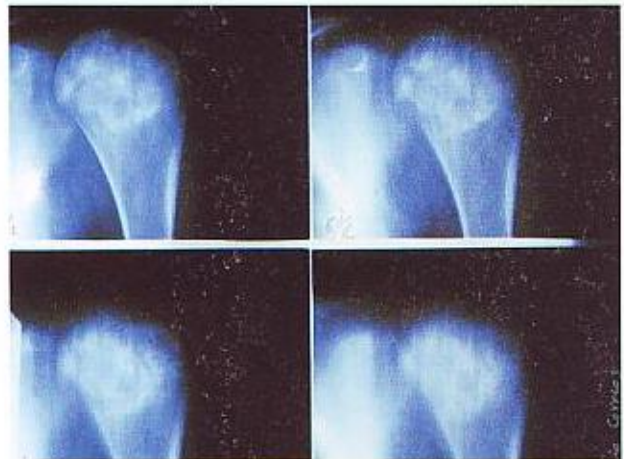


FOTO 39. Tomografía CONDRBLASTOMA de húmero.



FOTO 40. Rx AP con relleno de la cavidad con papilla de injerto



FOTO 41.  
Rx QUISTE OSEO de Tibia, defecto angular y  
Epifisiodesis.



FOTO 42.  
Rx QUISTE OSEO curado y consolidación de  
la osteotomía angular de corrección.

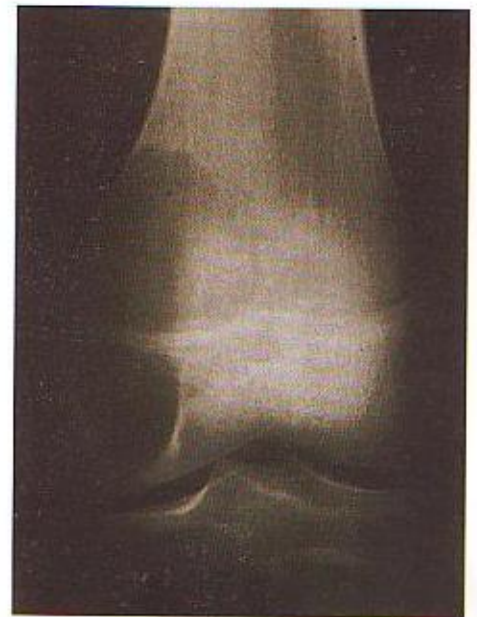


FOTO 43.  
Rx AP de fémur con TUMOR DE CELULAS  
GIGANTES.



FOTO 44.  
Rx oblicua de fémur con TUMOR DE CELULAS GIGANTES.



FOTO 45.  
Rx resección del tumor, relleno con injerto y fijadores externos de HOFFMAN.



FOTO 46.  
Consolidación de la artrodesis al año de la intervención.



FOTO 47.  
Rx AP QUISTE OSEO ANEURISMATICO de tibia.



FOTO 48.  
Rx Lat QUISTEOSO ANEURISMÁTICO de  
tibia.



FOTO 49.  
Rx intraoperatoria del injerto  
en «Sandwich».



FOTO 50.  
Rx Lat postoperatoria con incorporación del  
injerto.



FOTO 51.  
Rx AP de tibia con Metástasis solitaria  
de un Hipernefoma.



FOTO 52.  
Resección de la metástasis más cabezas  
ensartadas en brocheta con clavo de GROSSE  
estático.



FOTO 53.  
Rx OSTEOSARCOMA PAROSTAL  
de fémur.



FOTO 54.  
Rx resección del Osteosarcoma, cabezas  
ensartadas en brocheta y clavo de GROSSE  
estático.



FOTO 55.  
Pieza de amputación por recidiva del tumor a  
los 16 meses. Injerto incorporado en su  
mayoría.

## 14. Conclusiones

Aunque el injerto óseo ideal es el autoinjerto, existen ocasiones en que se hace imprescindible la utilización de aloinjerto ante la necesidad de grandes cantidades de hueso (Resecciones, Artrodesis, relleno de grandes cavidades, etc).

Consideramos como método de conservación idóneo la congelación. Utilizamos una congelación rápida para evitar la formación de macrocristales que destruyen las membranas celulares. La descongelación la hacemos lenta, aunque ello no es un factor imprescindible.

La temperatura de congelación dependerá del tamaño de la muestra y del tiempo de conservación. Los fragmentos pequeños los conservamos a  $-30^{\circ}\text{C}$  hasta 6 meses, los fragmentos grandes a  $-80^{\circ}\text{C}$  hasta 2 años.

No consideramos necesarios métodos de esterilización del injerto, si seguimos unas normas de asepsia rigurosa.

Los aloinjertos de esponjosa y de cortical, se comportan igual y tienen las mismas características que los autoinjertos, aunque con una incorporación retardada. Los trasplantes de hueso esponjoso se diferencian de los corticales en la rapidez de la revascularización, el mecanismo de sustitución dinámica y en el carácter total de la reparación.

La incorporación del injerto óseo viene determinado por las características del lecho, por el tamaño del injerto óseo, por la inmovilidad del mismo y por el contenido de Proteína Morfogenética (BMP).

Desde el punto de vista inmunológico, los aloinjertos congelados poseen una respuesta inmunitaria débil debido posiblemente a que en el momento de la congelación rápida hay un estallido de las «passenger cells».

Desde el punto de vista biomecánico, la resistencia del injerto se correlaciona con el proceso de reparación. Con la congelación, el test de torsión no se modifica y la fuerza de compresión aumenta un 20 % a  $-20^{\circ}\text{C}$  y un 22 % a  $-70^{\circ}\text{C}$ .

Es imprescindible el tener unos Protocolos de Seguridad y realizar siempre, analítica de la Hepatitis, Sífilis, SIDA, Cultivo del Injerto y estudio Anatomopatológico.

Los resultados han sido buenos, debiendo de tener siempre presente que la incorporación del injerto congelado está retardada.

Las ventajas observadas con el injerto de banco han sido, menor tiempo de intervención, ahorro de sangre, intervenciones menos cruentas, descenso del coste hospitalario y más posibilidades para intervenciones que requieren gran cantidad de injerto óseo.

El injerto ideal será: fuerte, potencialmente viable, no reactivo (no tóxico, no inmunogenico y no carcinogenico), estéril, agradable cosmeticamente, con crecimiento controlado, almacenable, posible técnicamente de manejar y fácil de obtener y proporcionar.

