

La "Elongación interna" en el tratamiento de las grandes pérdidas segmentarias de sustancia ósea. Estudio experimental

J. de Pablos / J. Cañadell

* Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Universidad de Navarra. Pamplona.

RESUMEN

La idea de Ilizarov de tratar defectos óseos segmentarios masivos (DOSM) mediante el transporte óseo a lo largo del defecto es extremadamente interesante. Sin embargo, el distractor externo circular usado para ello, a diferencia de los montajes monolaterales, es aparatoso, de difícil colocación y manejo postoperatorio y además, transfixiante. En nuestro centro de cirugía experimental se ha llevado a cabo un proyecto de investigación con el objetivo de valorar la aptitud de montajes monolaterales para el tratamiento de los DOSM siguiendo la idea de Ilizarov. Se han utilizado 5 perros de edad entre 6 y 12 meses, 5 corderos de 6 meses de edad y 4 corderos de 1 año (esqueléticamente maduros), todos machos. El experimento consistía en intentar la reconstrucción, mediante transporte óseo, de una pérdida de sustancia ósea (4-5 cm) de la diáfisis femoral. La valoración de los resultados se ha realizado mediante radiología, histología ósea y muscular y medición de los especímenes.

Tras los resultados obtenidos podemos concluir que el tratamiento de los DOSM, mediante la técnica de Ilizarov puede conseguirse utilizando montajes monolaterales. Con estos últimos se minimizan claramente varios de los más importantes inconvenientes del aparato circular de Ilizarov, manteniendo al mismo tiempo las ventajas de su idea original.

The "Internal lengthening" for the treatment of large segmental bone defects. An experimental study

SUMMARY

Ilizarov's idea of treating large segmental bone defects (LSBD) by transporting bone along the length of the defect is to us extremely interesting. However, the circular external distractor employed, unlike monolateral frames in cumbersome, transfixing and difficult for both placement and postoperative management.

A research project has been carried out at our experimental surgery laboratory to assess the reliability of monolateral frames in the treatment of LSBD following Ilizarov' idea. For this experiment we selected five 6 to 12 month-old dogs, five 6 month-old lambs and five 12 month-old lambs, the latter being skeletally mature. All animals were male. The experiment consisted in an attempt of reconstructing a LSBD of 4-5 cm of the animal's femoral diaphysis by means of Ilizarov' method but using monolateral devices. The evaluation of the results was made by X-rays, muscle and bone histology and measurement of the specimens.

On the basis of the results obtained it is concluded that treatment of LSBD by the Ilizarov method can be successfully accomplished by using monolateral external fixator-distractors. The advantages of the monolateral frames include a marked minimization of some the most outstanding drawbacks of Ilizarov's circular device, while keeping the advantages of his original concept.

INTRODUCCIÓN

Los métodos más utilizados actualmente para conseguir la reconstrucción de los defectos óseos segmentarios masivos (DOSM) debidos a trauma, infección, resección tumoral, etc., son los auto y aloinjertos. Ilizarov ⁵, como alternativa a estos tratamientos propuso el desprendimiento de un pequeño fragmento óseo de uno de los extremos del defecto óseo seguido de un lento transporte longitudinal de este fragmento hasta el otro extremo, al mismo tiempo que se va formando nuevo hueso en la zona de distracción. Esto se consigue con un fijador-distractor externo de tipo circular también diseñado por el mismo autor. Este concepto goza de importantes ventajas con respecto a otros métodos mencionados, como son el tratarse de un tratamiento "conservativo", la consecución habitual de una buena consolidación ósea sin necesidad de aporte de injerto óseo, el hecho de que el hueso neoformado sea de muy buena calidad y el no requerir medios de fijación interna. Sin embargo, a pesar de estas ventajas del método como tal, el aparato circular utilizado por el mismo autor presenta en nuestra opinión una serie de inconvenientes importantes, como son principalmente su aparatosidad, dificultad de colocación y manejo postoperatorio y el hecho de que se trate de un sistema transfixiante.

En el laboratorio de experimentación animal de nuestro Centro hemos experimentado esta idea en animales, utilizando montajes monolaterales (en vez de circulares) con los cuales, al disminuir la aparatosidad, simplificar su colocación y manejo y no necesitar la transfixión de los tornillos tratamos de minimizar los mayores inconvenientes del aparato de Ilizarov manteniendo al mismo tiempo las ventajas del concepto ideado por este autor.

Nuestros principales objetivos con este experimento fueron, en primer lugar, constatar la efectividad del concepto del transporte óseo en el tratamiento de los DOSM, y en segundo lugar valorar la idoneidad de los montajes monolaterales para este cometido.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para este experimento hemos utilizado cinco perros machos de raza desconocida de entre 6 y 12 meses de edad y nueve corderos machos de raza merina, cinco de ellos de 6 meses de edad y los cuatro restantes de 12 meses (esqueléticamente maduros).

En todos los casos, el experimento ha consistido en intentar reconstruir una pérdida de sustancia ósea segmentaria de entre 4 y 5 cm realizada quirúrgicamente en una de las diáfisis femorales del animal, siguiendo el concepto de Ilizarov pero utilizando aparatos de distracción-compresión monolaterales (Fig. 1). Concretamente, nada más extirpado el segmento diafisario femoral mencionado se procedía a la inserción de 3 pares de tornillos en el fémur, realizándose seguidamente una osteotomía percutánea entre el par de tornillos proximales y el par medio, con lo que se desprendía un pequeño fragmento del segmento óseo proximal femoral. Acto seguido se procedía a colocar y a ajustar el cuerpo del aparato monolateral.

La operación se realizaba siempre en el quirófano experimental de nuestra Facultad, con los animales convenientemente anestesiados y utilizando siempre control radiológico con intensificador de imágenes.

Al día siguiente de la intervención se comenzaba la distracción entre la porción proximal del fémur, y el pequeño fragmento óseo desprendido, a razón de 1 mm/día (2 x 0,5 mm/día). En todo momento, durante la fase de distracción, se mantenía la longitud femoral inicial mediante

el bloqueo de movimientos entre los pares de tornillos proximal y distal que permitía el aparato. Una vez que el fragmento óseo transportado llegaba a la porción distal femoral seguíamos haciendo distracción a razón de aproximadamente 0,25 mm/día durante 7-10 días, con lo que conseguíamos un efecto de compresión entre el fragmento transportado y el fémur distal. El aparato fue retirado en todos los animales, excepto en los que se sacrificaban antes, aproximadamente 1,5 meses después de que el fragmento óseo transportado contactara con el fémur distal.

Se han empleado dos tipos de implantes, siempre monolaterales, que tenían en común la posibilidad de permitir la colocación de 3 pares de tornillos y la movilización independiente de cada par de tornillos con respecto a los otros dos en sentido longitudinal. El primero de los aparatos, empleado en los cinco perros, era un dispositivo diseñado y fabricado por nosotros mismos que funcionaba ensamblado a un aparato tipo Wagner (Fig. 2a) y el segundo, utilizado en los nueve corderos, era también un diseño nuestro ensamblando distintas partes de los fijadores tubulares roscado y liso a los que habíamos introducido varias modificaciones (Fig. 2b). Los tornillos utilizados en el primero de los aparatos eran de 4 mm de diámetro y los empleados en el segundo eran de 4,5 mm.

La agrupación de los animales se realizó dependiendo del momento del sacrificio de los mismos según el esquema presentado en la tabla I.

La valoración de los resultados se realizó mediante:

a) Estudio radiológico: Se efectuó sobre el fémur intervenido en el postoperatorio inmediato, después se realizó cada 7 días durante la fase de distracción y cada 15 días posteriormente hasta el sacrificio, momento en que, desprovisto de partes blandas se realizaba el estudio post mortem. Tanto en este último momento como en el preoperatorio inmediato se realizó el estudio comparativo de longitudes sobre ambos fémures.

Se ha efectuado también estudio mediante TAC (Tomografía Axial Computarizada) en dos corderos justo al finalizar la distracción.

b) Estudio histológico óseo: Se ha realizado en cada fémur intervenido, inmediatamente después del sacrificio mediante las tinciones de hematoxilina-eosina y tricrómico de Masson. De cada fémur se estudiaban tres zonas: zona de distracción, zona de compresión y fragmento óseo transportado.

c) Estudio histológico muscular: Se ha realizado con el fin de valorar el comportamiento de las partes blandas, concretamente músculos y nervios, en la zona de distracción durante la fase de transporte óseo, utilizando tinciones de hematoxilina-eosina, tricrómico de Masson y PAS. Para valorar lesiones musculares en la zona de distracción, hemos estudiado cortes tomados de la zona media antero-lateral del cuádriceps y para estudiar las posibles lesiones nerviosas a ese nivel hemos estudiado cortes de la porción media anterior de la musculatura tibial anterior de la misma extremidad.

RESULTADOS

Observaciones clínicas

Clínicamente, la fase de distracción no ha planteado problemas mencionables. En concreto, la tuerca del aparato con que se controlaba la distracción ha podido ser girada siempre con

facilidad, consiguiéndose el transporte óseo a razón de 1 mm/día sin interrupciones hasta el punto final. La piel no ha supuesto un impedimento significativo a la progresiva separación de los tornillos proximales y medios. Hemos podido observar como, en su avance, los tornillos insertados en el fragmento transportado iban "cortando" la piel produciendo una herida longitudinal que iba cicatrizando proximalmente según dichos tornillos se desplazaban distalmente (Fig. 3).

Los aparatos han sido tolerados aceptablemente por los animales, aunque los perros los mordisqueaban frecuentemente deteriorando algunas de sus piezas de aluminio, y no nos hemos visto obligados en ningún caso a retirarlos antes del tiempo previsto.

Aunque durante el transporte óseo y hasta retirar el aparato, el muslo de la extremidad intervenida presentaba moderados signos de atrofia muscular con respecto al contralateral, ésta era muy discreta a los 4 meses del postoperatorio. Funcionalmente, la movilidad de rodilla y cadera de la extremidad intervenida estaba discretamente limitada durante el tiempo en que el animal tenía colocado el fijador y era normal a los 4 meses del postoperatorio, momento en que los animales, sin excepción, presentaban una marcha y carrera que podían considerarse como normales. De hecho, tras extraer ambos fémures del animal después del sacrificio hemos observado una situación macroscópica normal de tanto la rodilla como la cadera del lado intervenido.

Radiología

El estudio radiológico ha permitido comprobar cómo, desde las primeras fases de distracción, el espacio que se producía y aumentaba progresivamente entre el segmento femoral proximal y el fragmento transportado iba siendo ocupado por un tejido calcificado cada vez más denso. Efectivamente, a partir de los 10-15 días de distracción comenzaba a observarse una opacificación tenue y sin una organización definida en el espacio de distracción. Desde aproximadamente los 25-30 días de postoperatorio esta opacificación se apreciaba en forma de líneas agrupadas más o menos ordenadamente en el sentido de la distracción. Esta disposición, algunas veces ligeramente interrumpida en la zona central, se mantenía al menos hasta varias semanas después de finalizar la distracción, fase en la que este tejido calcificado comenzaba a homogeneizarse. A los 4 meses del postoperatorio este espacio estaba ocupado por un tejido óseo neoformado que, aunque no presentaba una textura exacta al de hueso diafisario normal, era de un aspecto muy satisfactorio (Fig. 4). En cuanto a la forma, la "neodiáfisis" podía observarse como una estructura cilíndrica regular de diámetro similar al del resto de la diáfisis. Aunque estas observaciones son válidas para ambos grupos de animales, en los corderos el proceso de reparación ha sido aparentemente algo más rápido que en los perros.

Para valorar la arquitectura de este tejido óseo neoformado en el plano transversal, se ha realizado estudio tomográfico axial computarizado en dos fémures de corderos intervenidos. En ellos se observa cómo, ya desde el final de la distracción el tejido calcificado mencionado recuerda en sus extremos al hueso diafisario normal, por su disposición circular periférica con una zona interior radiotransparente. De todos modos, en su porción central este tejido calcificado aparece en los cortes tomográficos como un cilindro macizo.

En lo que respecta al aspecto radiológico del fragmento óseo transportado, no se han apreciado fenómenos notorios de reabsorción ni signos de necrosis tanto durante el proceso de distracción como en las fases ulteriores.

En cuanto a la zona en que se realizaba compresión una vez finalizado la fase de transporte, es decir, la zona de contacto entre el fragmento transportado y la porción femoral distal, a los cuatro meses del postoperatorio se había conseguido consolidación radiológica en 7 animales (6 corderos y 1 perro) mientras que en el perro restante permanecía una situación de no-uni6n.

Tambi6n hay que mencionar el hecho de que en todo momento durante el experimento, y dada la no existencia de desplazamiento longitudinal de los fragmentos proximal y distal femorales, las longitudes de ambos f6mures en cada animal se han mantenido esencialmente iguales.

Histología 6sea

Histol6gicamente, la reparaci6n del espacio producido durante la distracci6n sigue un patr6n similar al observado en las elongaciones 6seas mediante osteotomía percutánea diafisaria ². A los 20 días de iniciada la distracci6n este espacio se hallaba ocupado por un tejido conectivo ricamente vascularizado, cuyas fibras quedaban dispuestas paralelamente en la direcci6n de la distracci6n (Fig. 5a). Este tejido, al finalizar la distracci6n, presentaba un aspecto similar, pero en su interior ya se estaba produciendo un proceso de osificaci6n de tipo esencialmente desmal, que aparentemente se iniciaba en los extremos del espacio mencionado así como en su zona periférica, donde la osificaci6n recordaba a la osificaci6n desmal peri6stica (Figs. 5b, c). A los cuatro meses del postoperatorio, la osificaci6n de esta zona era completa en todos los animales. La estructura 6sea de este segmento presentaba ya un hueso de tipo cortical periféricamente y un tejido de tipo esponjoso laxo en su interior.

El fragmento 6seo transportado ha presentado en cualquier momento en que ha sido estudiado una imagen histol6gica de viabilidad, es decir, estaba constituido por tejido 6seo vivo de características esencialmente normales.

El estudio histol6gico de la zona de compresión, donde se había observado una imagen radiológica de no-uni6n, mostraba una pseudoartrosis con escasos signos de osteogénesis reparativa, a ese nivel (Fig. 6). En los otros siete casos estudiados a los 4 meses del postoperatorio, histol6gicamente se apreciaba en la zona de compresión una consolidaci6n clara aunque con una importante esclerosis 6sea a nivel de la línea de contacto.

Histología muscular

En lo que respecta al cuádriceps en la extremidad intervenida, el único hecho claramente llamativo era un discreto infiltrado inflamatorio tanto al final de la distracci6n como a los 4 meses del postoperatorio con respecto al músculo cuádriceps obtenido del lado normal. Tambi6n un moderado grado de atrofia por desuso (no neur6gena) era comú n en los cuádriceps de la extremidad intervenida, sobre todo justo al final de la distracci6n.

El músculo tibial anterior, estudiado para valorar posibles lesiones neurol6gicas más altas ha sido considerado como normal en la parte intervenida cuando se compara con el contralateral, tanto al final de la distracci6n como a los 4 meses de postoperatorio.

DISCUSIÓN

Desde que Ilizarov⁵ describi6 su método de transporte 6seo para el tratamiento de los defectos 6seos segmentarios masivos, han sido varios los autores que lo han utilizado clínica y

experimentalmente bien con su aparato ^{3, 6} o bien con otros diferentes ^{1, 4, 7}, pero todos ellos con la característica común de ser transfixiantes. Este rasgo, añadido a que estos montajes en nuestra opinión, son muy aparatosos, de complicado montaje y difícil manejo postoperatorio, hacen que hayamos pensado en otro tipo de aparato, que minimice estos inconvenientes manteniendo al mismo tiempo las ventajas del concepto de Ilizarov con respecto a otros métodos propugnados para tratamiento de los DOSM. Nuestras experiencias con los montajes monolaterales han sido positivas a este respecto. Pensamos que con el tipo de aparatos utilizados en nuestro experimento, que tienen como ventaja fundamental el no ser transfixiantes, conseguimos además facilitar el montaje y manejo postoperatorio así como disminuir la aparatosidad con respecto al fijador-distractor de Ilizarov y otros similares.

Por otro lado, como hemos comentado, estos aparatos han sido correctamente tolerados por los animales (mejor por los corderos) y no han dado problemas mencionables en cuanto a estabilidad se refiere.

En nuestro experimento, el tratamiento de los DOSM mediante montajes monolaterales se ha mostrado factible habiéndose conseguido el transporte óseo hasta el punto final en todos los casos en que estaba previsto. Las únicas complicaciones mencionables, infecciones esporádicas en el trayecto de los clavos, no han sido nunca impedimento para finalizar el experimento y por otro lado eran esperables, dado que lógicamente las condiciones higiénicas trabajando con animales no son las que se pueden conseguir en la práctica humana.

Nuestro problema fundamental "a priori" se centraba en cómo la piel y demás partes blandas iban a tolerar el movimiento longitudinal de un par de tornillos colocados transversalmente a través de la pérdida de sustancia ósea. Además de que los tornillos aparentemente van "cortando" estas estructuras sin necesidad de que nosotros intervengamos en absoluto, tanto la piel como el resto de partes blandas han mostrado una capacidad de adaptación a la distracción-compresión (quizá por su gran elasticidad) francamente sorprendente. En efecto, en ningún momento hemos observado ni una alarmante tensión cutánea en la zona de distracción ni una piel redundante o pliegues en la zona de compresión. Por otro lado, en los últimos experimentos realizados recientemente hemos empleado un diseño de tornillos especial con bordes cortantes que aparentemente facilitan aún más su paso progresivo a través de las partes blandas durante el transporte (Fig. 7).

Tratando de valorar de modo objetivo el efecto de la distracción-compresión sobre las estructuras musculares y nerviosas a ese nivel hemos realizado los estudios de histología muscular del cuádriceps y tibial anterior de la extremidad intervenida tanto al finalizar el transporte como a los 4 meses de postoperatorio. Tras su valoración hemos podido observar cómo aparentemente no existe un sufrimiento de las partes blandas a nivel de la distracción como para impedir el transporte óseo con facilidad.

Radiológica e histológicamente, la reconstrucción del segmento sometido a distracción es similar a la de la observada experimentalmente y en la clínica humana en la elongación ósea mediante osteotomía percutánea diafisaria ². De hecho pensamos que tanto la rapidez como la calidad del hueso neoformado difícilmente pueden conseguirse con otros métodos de reconstrucción (autoinjertos o aloinjertos) preconizados para el tratamiento de los DOSM. No hemos observado diferencias radiológicas ni histológicas significativas en lo referente a capacidad osteogénica reparativa en el grupo de corderos operados a los 6 meses de edad con respecto al de 12 meses de edad. Probablemente las diferencias en edad deban ser mayores si queremos encontrar datos concluyentes sobre la influencia de la edad en la osteogénesis reparativa utilizando el concepto de Ilizarov.

Aparentemente el fragmento de hueso transportado no sufre alteraciones notables en su aporte sanguíneo, dado que en ninguna fase del transporte hemos observado signos de necrosis a ese nivel, ni radiológicamente ni, sobre todo, histológicamente.

La cuestión de la consolidación en la zona de compresión sigue siendo, sin embargo, problemática; en la mayoría de los casos se ha conseguido la unión ósea, ésta no ha sido, al menos 4 meses después de la intervención, lo satisfactoria que sería de desear. En todo caso, pensamos que aunque se llegara a una situación de no-unión, éste no sería un gran problema con respecto al inicial (DOSM) y probablemente bastaría con una segunda intervención relativamente sencilla, para solucionarlo.

Aunque tras los resultados de este experimento se abre en nuestra opinión un horizonte muy esperanzador, quedan todavía muchas dudas por resolver en este campo. Interesa grandemente objetivar las diferencias en cuanto a rapidez de formación, estructura y propiedades mecánicas del hueso en la zona de reconstrucción entre el método de Ilizarov y otros métodos propuestos para el tratamiento de los DOSM, como son los auto y aloinjertos. Otro campo con gran interés es el estudio sobre la consolidación en la zona de compresión y las posibilidades de mejorarla. Por fin, siendo conscientes de que el mayor inconveniente del método propuesto es el largo tiempo que debe quedar colocado el distractor-compresor externo en el paciente, pensamos que es esencial la investigación sobre la manera de mejorar la tolerancia de estos aparatos y/o acortar el período de aplicación de los mismos.

En nuestra opinión, dentro de las indicaciones clínicas futuras del método podríamos incluir el tratamiento de DOSM, secundarios a traumatismos, resecciones tumorales, infecciones antiguas o resección de pseudoartrosis congénitas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez R, Jorge JJ, Barreda H, Rodríguez MA y Padrón T. Limb lengthening in children. *Orthopaedics* 7: 468-76, 1984.
2. Arrien A. Estudio comparativo de la osteotomía a cielo abierto y percutánea en la elongación de las extremidades. Tesis Doctoral Universidad de Navarra. Pamplona 1986.
3. Bianchi-Maiocchi A. L'osteosintesi transossea secondo GA Ilizarov. *Aspetti sperimentali, teorici e clinici. Medi Surgical Video*. Milán 1985.
4. Habboushe MP. Salah Eddin External Fixation System: A bone slider and compressor. *Orthopaedics* 8: 1.266-7, 1985.
5. Ilizarov GA. The main principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis. *Orthop Traumatol Protez* 11: 7-15, 1971.
6. Mezhenina EP, Roulla EA, Pchersky AG, Rabich VD, Shadrine EL y Mizhevich TV. Methods of limb elongation with congenital inequality in children. *J Ped Orthop* 4: 201-7, 1984.
7. Umyarov GA. Repositioning-elongation for infected postraumatic leg defects. *Advances Orthop Surg* 9: 58-62, 1985.

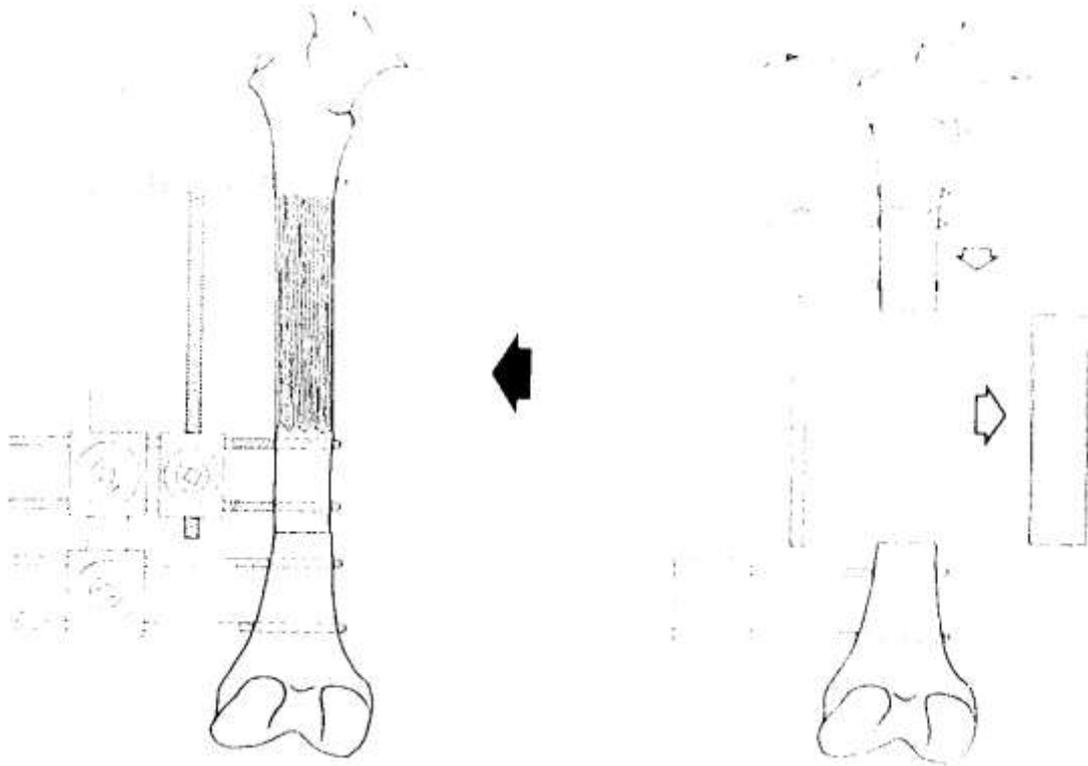


Figura 1. Representación esquemática del modelo experimental utilizado en este trabajo.

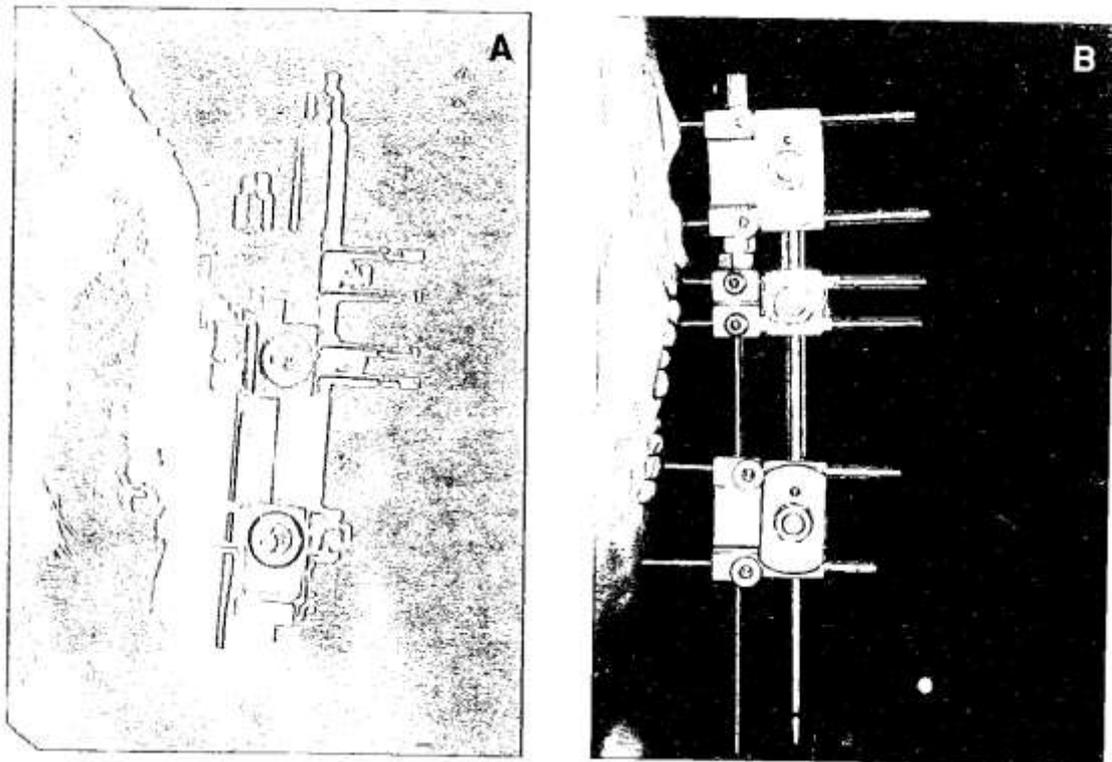


Figura 2. Imágenes de los dos montajes monolaterales empleados. a) Ensamblaje con distractor tipo Wagner. b) Montaje tubular.



Figura 3. Detalle de la cicatriz longitudinal producida por los tomillos medios durante su lento desplazamiento distal.

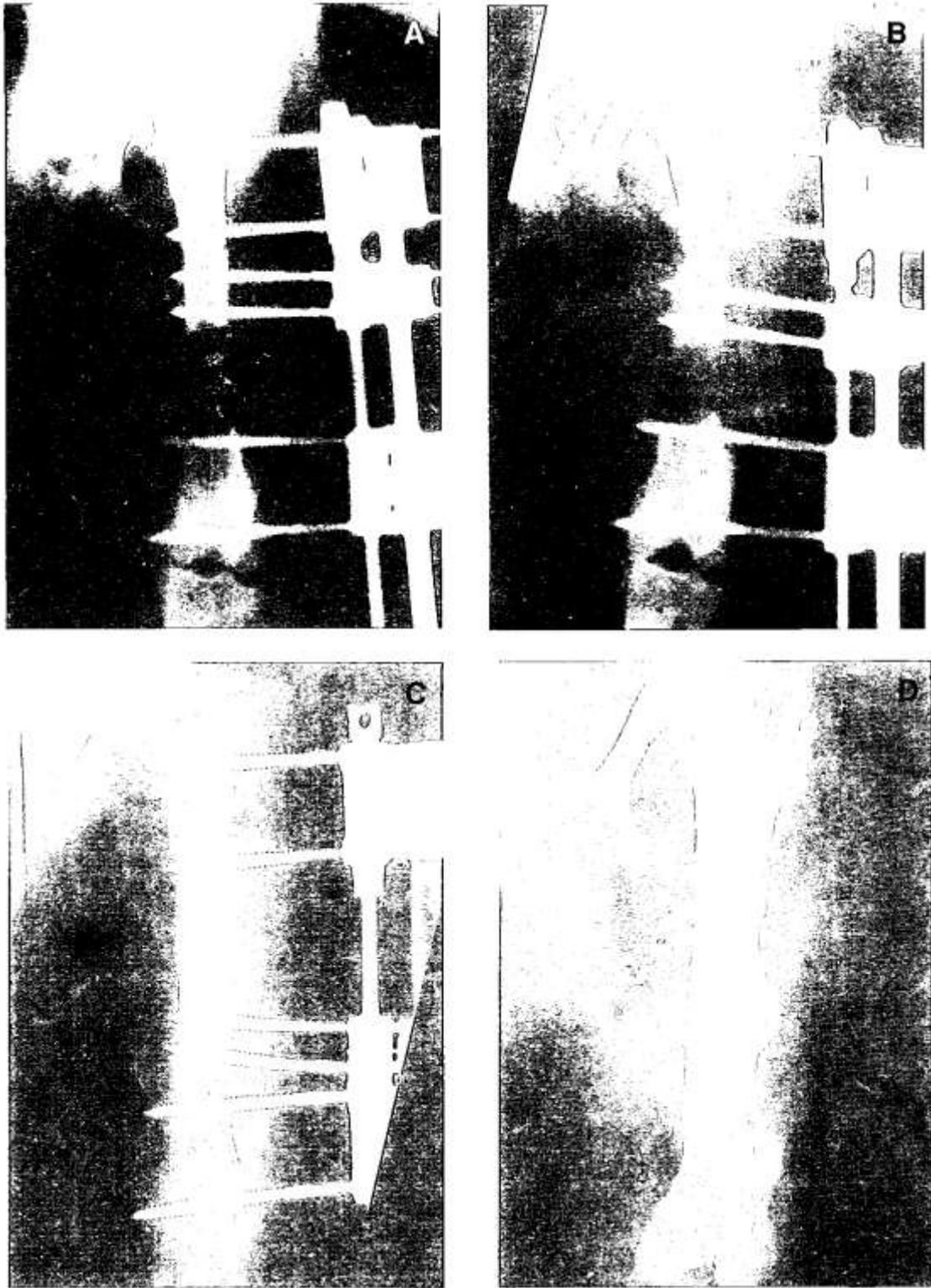


Figura 4. Serie radiológica de la evolución postoperatoria de uno de los corderos de 6 meses de edad. a) Postoperatorio inmediato. b) 10 días postop. c) 50 días postop. d) 4 meses postop.

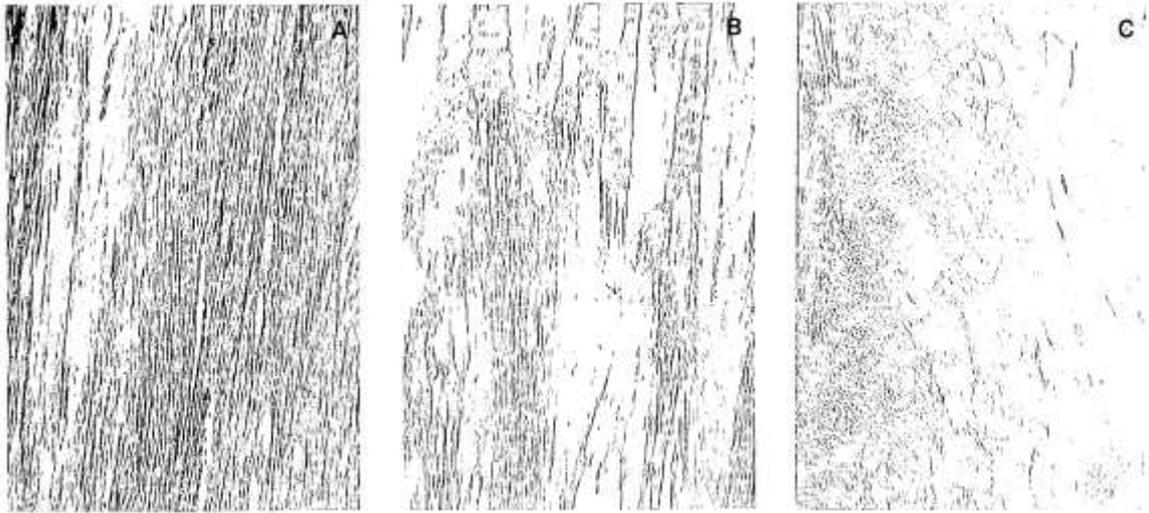


Figura 5. Imágenes histológicas del tejido formado en la zona de distracción. Tricómico de Masson x 40. a) Tejido fibroso reparativo 20 días de postop. b) Osificación desmal central al final de la distracción. c) Osificación desmal periférica (tipo perióstico) al final de la distracción.



Figura 6. Imagen histológica de no-unión en la zona de compresión (4 meses postop). Tricómico de Masson x 40.

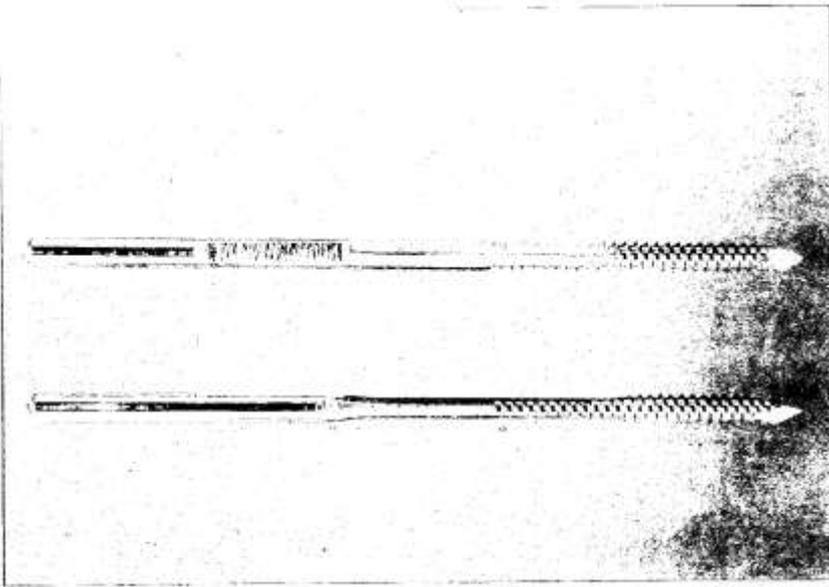


Figura 7. Tornillos "cortantes" diseñados para el transporte óseo.

Tabla 1. Agrupación de los animales

SACRIFICIO	ANIMALES		
	Perros (n = 5)	Corderos 6 meses (n = 5)	Corderos 1 año (n = 5)
20 días postop.	1	1	—
Fin distracción	2	2	1
4 meses postop.	2	2	4
Total	15 animales		