

Estudio Anatómico de la Circulación de la Tibia y su Relación con los Diferentes Tipos de Fracturas y Osteosíntesis

Dr. Nelson Socorro Medina

Dr. Juan Molero

Dr. Roberto Rivero

Socorro Medina N., Molero J., Rivero R. Estudio Anatómico de la Circulación de la Tibia y su Relación con los Diferentes Tipos de Fracturas y Osteosíntesis. Revista Venezolana de Cirugía Ortopédica y Traumatología. 1994; 26:14-27.

Resumen

Se realiza estudio dividido en cinco áreas en las cuales se define la anatomía vascular de la tibia en humanos haciendo constar que la arteria nutricia siempre está presente. De igual forma se comprueba la presencia de la arteria nutricia y de un sistema vascular de la tibia mediante inyecciones de latex, tinta china y se realiza demostración radiológica del sistema circulatorio intramedular en el humano y en el ovejo, luego de haber realizado el mismo tipo de investigación anatómica. Luego de obtener los resultados de 15 situaciones de fracturas experimentales, creemos se contestan algunas de las interrogantes que existen en el tratamiento de esta estructura ósea tan impredecible en su cicatrización como es la tibia.

Abstract

This paper has been divided into 5 areas. Four were devoted to the vascular anatomy of the tibia and to find an experimental fracture-model, and the final area included the creation of 15 different clinical experimental fracture situations.

It was found that the nutricia artery is always present in humans. We verified this finding, and the vascular system of the tibia, by intravascular injections of latex, chinese ink and radio-opaque dye. After this vascular anatomy was defined in the human and sheep, an experimental model was created.

Fifteen different situations were created in the experimental model to reproduce the frequent clinical situations that an orthopaedic surgeon will face. This was done in order to answer the numerous questions that we have, regarding the management of the fractures of this bone.

Palabras Claves

Fracturas de la tibia; Huesos de la pierna/Irrigación sanguínea; Osteotomía; Tibia/Irrigación sanguínea.

Introducción

El estudio de la circulación del hueso es apasionante. Numerosos estudios a través de toda la historia han sido realizados en este sentido para tratar de dilucidar este complicado proceso que está bastante bien analizado en la actualidad pero aún permanecen oscuros una serie de aspectos.^{14,45,2,48,23,29,30,31,24,66,59,28,15,46,78}

Cuando un tejido se lesiona se suceden mecanismos de reparación de tipo diverso de acuerdo al tejido. Si se trata de la piel suturada la cicatrización es por intención primaria. Similarmente puede suceder en el hueso. Al estar los fragmentos bien reducidos y en compresión se puede suceder la cicatrización primaria sin formación de callo. El hecho de que exista reabsorción a nivel de los extremos óseos en esta situación descrita, es motivo de discusión, sin embargo se reconoce que la fijación anatómica y con compresión causa mínima o no reabsorción ósea.^{52,5,82,47,65}

Para que ocurra la cicatrización debe existir un aporte vascular adecuado que nutra las células que va a realizar esta función. En este sentido también han sido publicadas numerosas investigaciones.^{49,4,8,11,22,23,29,30,31,32,39,40,42,43,51,60,61,62,69} Todos los autores que han trabajado previamente en este campo han tratado de establecer cuál es el patrón de circulación normal de la tibia y qué alteración sufre el mismo durante la fractura y el proceso de cicatrización. El papel de la arteria nutricia de la tibia también ha sido objeto de numerosas controversias. Esta arteria ha sido descrita por numerosos autores, sin embargo su papel no está claro.^{20,72,27,49,56,70,57,64,44}

Nuestro trabajo tiene como objetivo el estudiar la circulación de la tibia humana, encontrar un modelo animal adecuado y luego reproducir situaciones anatomo-mecánicas diferentes en este animal para poder sacar conclusiones provechosas en el manejo de las fracturas de tibia.

Agradecimientos

A mi secretaria Nilda Malet.

Al doctor Sergio Duarte por facilitarnos algunos de los animales utilizados en esta investigación.

Al persona obrero de la hacienda del doctor Juan Molero por haber cuidado de los animales operados.

Material y Métodos

El trabajo está dividido en cinco áreas diferentes.

Primera Parte:

Anatomía vascular de la tibia en humanos

En esta área del trabajo se define el patrón vascular de la tibia del humano. Para ello se utilizaron 50 rodillas. En la morgue del Hospital Universitario de Maracaibo se tomaron 50 rodillas de cadáveres, 48 neonatos y 2 de adultos, se cateterizó en la región inguinal la arteria femoral. Inmediatamente se realiza división de estructuras venosas distales, lavado del árbol vascular con solución de Ringers y posteriormente instilación de Latex de diversos colores para visualizar el árbol vascular. El miembro se amputa y se coloca formol con un fijador por un período de 24 a 48 horas y posteriormente es sometido a digestión con un álcali para visualizar los trayectos vasculares. En los casos de las rodillas de los adultos la inyección se realizó en el área del Canal de Hunter y no hubo fijaciones.

El proceso de digestión es un proceso lento que debe ser observado atentamente por nosotros para detenerlo en el momento adecuado. Una vez visualizado el sistema vascular el resto de los tejidos se retira con bisturí, y de esta manera se obtiene una visualización exacta de la situación. Con una regla se tomaron medidas desde la línea interarticular hasta el área donde se introducía la arteria en el hueso, de igual manera se obtuvo la información relacionada con la circulación del área metafisaria y paraarticular.

Segunda Parte:

Estudio con tinta china

En esta fase se realizó en rodillas de cadáveres disección del paquete vascular inguinal con identificación de la arteria y colocación de un catéter intraarterial, lavado del miembro e instilación de tinta china de diversos colores en el árbol vascular para visualizar el mismo en el área de la tibia. La instilación de tinta china se realizó en 6 tibias y posterior a la misma se realizó disección cuidadosa para poder visualizar la arteria nutricia así como el resto del sistema vascular de la tibia. Se tomaron mediciones y se anotaron los hallazgos.

Tercera Parte:

Patrón de circulación endosteal

Se retiraron dos tibias de pacientes, se disecaron completamente hasta solamente obtener el tejido óseo. Se llevaron las mismas al Departamento de Rayos X y

luego de ubicar el agujero nutricio de la tibia directamente se colocó contraste radiopaco en el agujero nutricio para ver si existía alguna comunicación del mismo con el resto de la tibia.

Cuarta Parte

Luego de haberse realizado las fases anteriores y haber definido el patrón vascular y la presencia o no de la arteria nutricia se decidió buscar un modelo experimental para poder traspasar las situaciones clínicas que se desearan al animal. Inicialmente se realizaron 5 disecciones en perros. Se aisló el paquete neurovascular, se canuló la arteria, se realizó un lavado del árbol vascular, luego se instiló latex de diferentes colores, se sometió a un proceso de fijación y luego la digestión para finalmente visualizar el sistema vascular de la tibia.

En estos 5 animales no pudimos verificar si existía un sistema de arteria nutricia similar al del humano y los vasos observados no fueron constantes. Es de hacer notar que en algunos trabajos de cicatrización ósea han sido realizados con estos animales, por esta razón desechamos este modelo canino y procedimos a buscar otro.

Se utilizó el ovejo y para ello se realizó la investigación de la arteria nutricia y sistema vascular de la tibia en la forma ya descrita (en los perros) en 4 animales comprobándose que en los 4 existía una arteria nutricia similar al del humano al igual que el resto de la circulación. De igual forma se realizaron mediciones desde la línea interarticular y se anotaron los hallazgos.

Quinta Parte:

Modelo de fractura experimental

Luego de haberse cumplido las fases anteriores finalmente llegamos a la reproducción clínica experimental de las diferentes fracturas.

En esta fase utilizamos un total de 15 animales para reproducir las situaciones deseadas. Se dispuso de un área con una relativa asepsia y se tomaron todas las medidas en ese sentido para garantizar la no infección de los animales. Se utilizó una de las patas traseras del ovejo, se cateterizó en cada uno de los animales una vena en las patas anteriores o en la contralateral y se le colocó una solución de Ringer. Se utilizó como anestésico el Tiopental S., el cual fue administrado en una mezcla de 100 cc con solución salina en forma lenta y de acuerdo a la necesidad lo cual se midió por los movimientos del animal.

Los instrumentos fueron esterilizados todos en Cidex

y todo el material quirúrgico fue igual al utilizado en humanos. Se utilizó el equipo de osteosíntesis y cinceles convencionales.

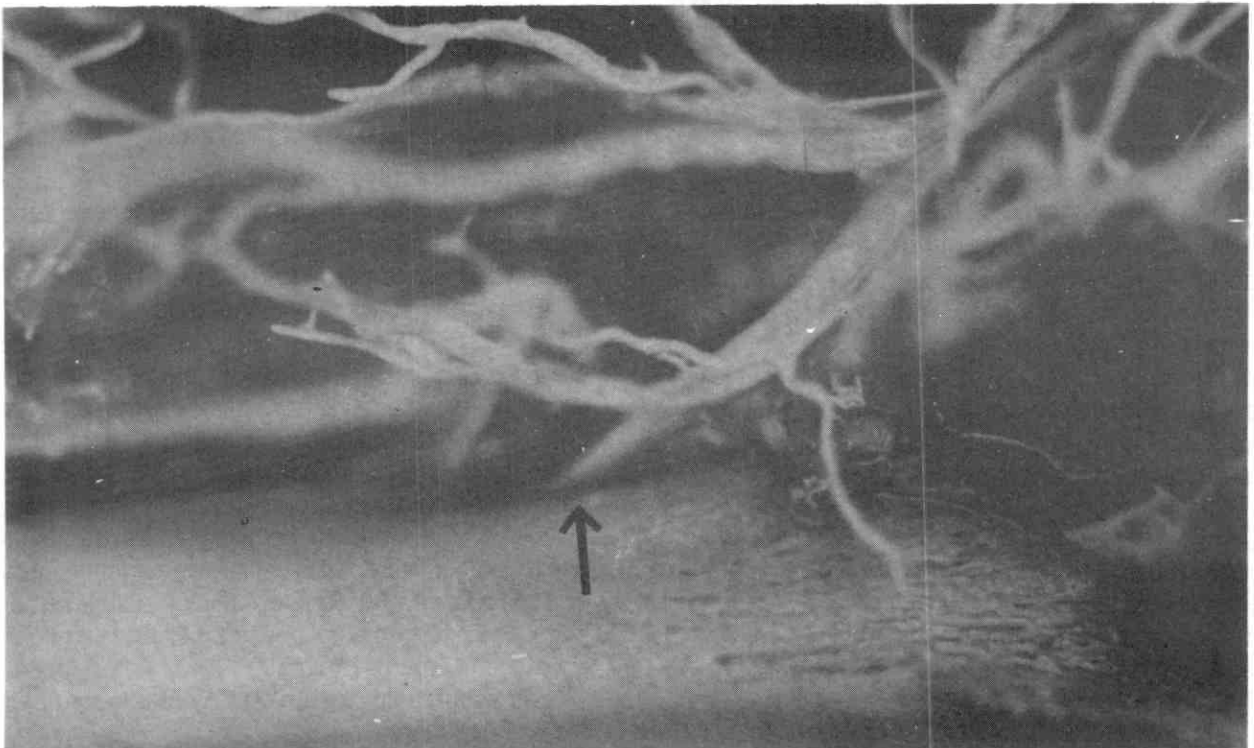
La cirugía se realizó en una sola de las patas de los animales pues al inmovilizar dos es muy difícil que el animal se mantenga en pie y se deseaba la sobrevivencia del mismo. Al estar anestesiado el animal se procedió a la limpieza de una de las patas posteriores con jabón y solución de Betadine y el afeitado del área. Inmediatamente se hizo una incisión en la tibia, en la unión del tercio proximal con el tercio medio, distal a la entrada de la arteria nutricia y con un osteotomo se fracturó el hueso. Se lavó la herida durante todo el procedimiento y al final del mismo. Luego de terminar el procedimiento se suturó el periosteo en la mejor forma con Simple 2.0, no se suturó el subcutáneo y se suturó la piel con una sutura continua 4.0 Nylon, se aplicó un vendaje pequeño y una inmovilización (yeso) a todo el miembro lo cual le permitía al animal apoyar. No se administraron antibióticos durante ni después del procedimiento. Dos personas cuidaron a los animales todos los días, encargándose de la alimentación y el cuidado de los yesos. Posteriormente fueron tomadas radiografías de control a las 4 semanas y a las 8 semanas. Los animales fueron controlados clínicamente por un pe-

ríodo de 2 años y 2 meses y se tomó control radiológico al año en algunos ovejos. Los resultados son analizados.

En estos catorce animales se realizaron las siguientes cirugías:

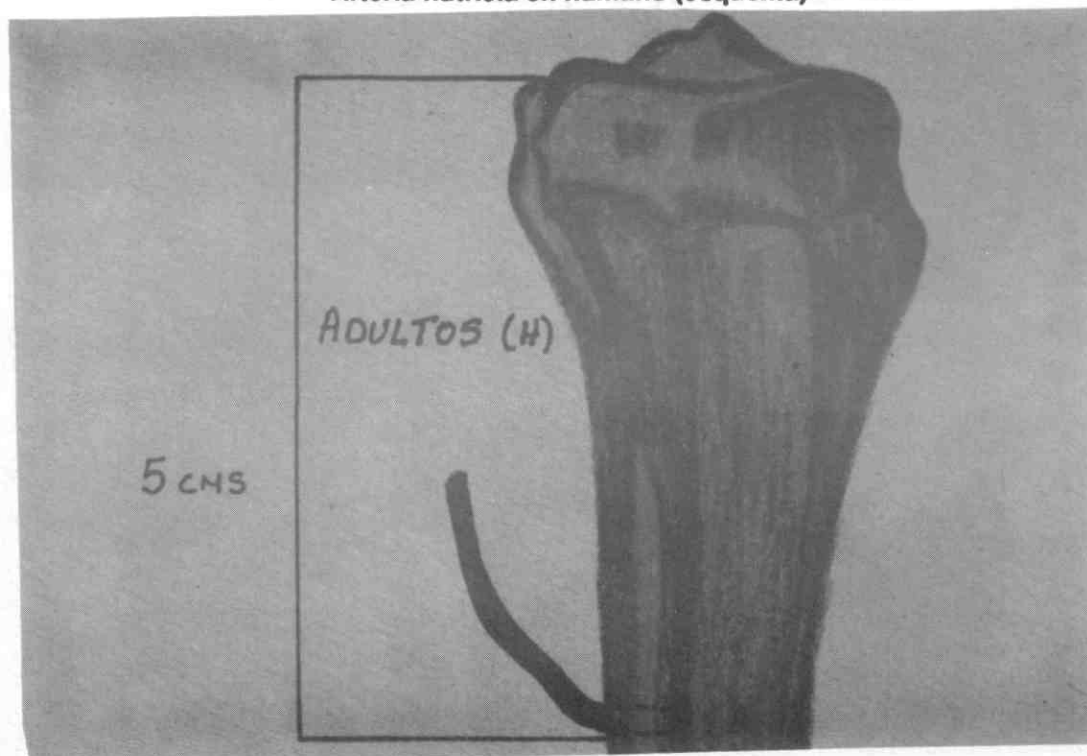
- Ovejo N° 1: **Osteotomía de tibia sin inmovilización.**
- Ovejo N° 2: **Osteotomía de tibia con inmovilización.**
- Ovejo N° 3: **Osteotomía de tibia con ligadura de arteria nutricia.** En este caso se realizaron dos incisiones, una proximal la cual lesiona la arteria nutricia previamente identificada, se cierra la herida, posteriormente a través de una herida diferente se realiza osteotomía de tibia.
- Ovejo N° 4: **Osteotomía de tibia con lesión de periosteo.** En este grupo se realiza una incisión sobre el área del tercio proximal y medio de la tibia, se lesionó el periosteo con un elevador en un segmento aproximadamente de 10 cms. de la tibia y se realizó osteotomía. En este caso se preservó la arteria nutricia. Se inmovilizó con yeso.
- Ovejo N° 5: **Lesión de arteria nutricia y periosteo.** En este grupo se realizó una combinación de la lesión de la arteria nutricia y el periosteo. También se inmovilizó el animal.

Foto N° 1
Arteria nutricia introduciéndose en la tibia



- Oveja N° 6: **Osteotomía de tibia, fijación con placa sin lesiones asociadas.** En este grupo se realizó osteotomía de la tibia en la unión del tercio proximal con el tercio medio y posteriormente fue fijada la misma con una placa DCP, semitubular o un tercio de tubo, dependiendo del tamaño del animal. Se inmovilizó la pata del animal.
- Oveja N° 7: **Osteotomía de tibia, lesión de arteria nutricia y fijación con placa.** En este grupo de animales se realizó una incisión sobre el área de la arteria nutricia, con ligadura de la misma. En la tibia, en el área ya descrita, se realizó osteotomía y se fijó con una placa. Inmovilización del animal con yeso.
- Oveja N° 8: **Osteotomía de tibia, fijación con placa y lesión de periosteo.** En este grupo de animales se lesionó el periosteo en el área de la osteotomía y fue fijada con una placa. Inmovilización con yeso.
- Oveja N° 9: **Osteotomía de tibia, lesión de periosteo y lesión de arteria nutricia.** En este grupo se lesionó la arteria nutricia, de igual forma el periosteo en el área de la osteotomía y se fijó con una placa.
- Oveja N° 10: **Osteotomía de tibia y enclavado Intramedular.** Se realizó osteotomía de la tibia y colocación de Steimann intramedularmente para fijar la osteotomía.
- Oveja N° 11: **Osteotomía de la tibia, lesión de la arteria nutricia y enclavado Intramedular.** Se lesionó la arteria nutricia, se realizó osteotomía de la tibia y colocación de un Steimann intramedularmente. La colocación de Steimann en los dos casos fue realizado en forma retrograda.
- Oveja N° 12: **Osteotomía de la tibia, lesión de periosteo, fijación Intramedular.** Se lesionó el periosteo en toda el área de la osteotomía, se realizó la osteotomía y se fijó endomedularmente. Inmovilización posterior.
- Oveja N° 13: **Osteotomía de la tibia, lesión de periosteo y vasos nutricios y fijación endomedular.** En este grupo se lesionó el periosteo, la arteria nutricia, luego se realizó la osteotomía y fijación endomedular. Posteriormente fijación con yeso.
- Oveja N° 14: **Osteotomía de tibia, lesión del periosteo, de la arteria nutricia y fijador externo.** En este animal se realizó máxima destrucción de la vascularidad inmovilizando la extremidad con un fijador externo.
- Oveja N° 15: **Osteotomía de tibia sin lesión aso-**

Foto N° 2
Arteria nutricia en humano (esquema)



ciada y colocación de fijador externo.

Los controles radiológicos fueron tomados a las 4 semanas con yeso y a las 8 semanas se retiró el yeso y se tomó otro control.

Resultados

Primera Parte: Anatomía vascular de la tibia en humanos. Se visualizó la arteria nutricia introduciéndose en el interior de la tibia a una distancia de 2,5 cms. de la línea intraarticular en fetos y 4,5 cms. en adultos, a medio centímetro lateral a la línea media posterior, en todos los casos la arteria tuvo su origen en el sistema vascular de la tibial posterior y troncotibioperoneo. Se aisló la arteria en todos los casos y en una de las rodillas existían dos arterias nutricias. Los vasos en el área articular y periarticular son abundantes de igual forma en la metafisis, sin embargo en el área de la diáfisis (parte media) la vascularidad disminuye notablemente.

Segunda Parte: Estudio con tinta china. Se visualizó la arteria nutricia como fue descrita en la parte anterior. De igual forma los vasos metafisarios y vecinos al área articular fueron abundantes y hubo disminución notable a nivel del área medial de la diáfisis.

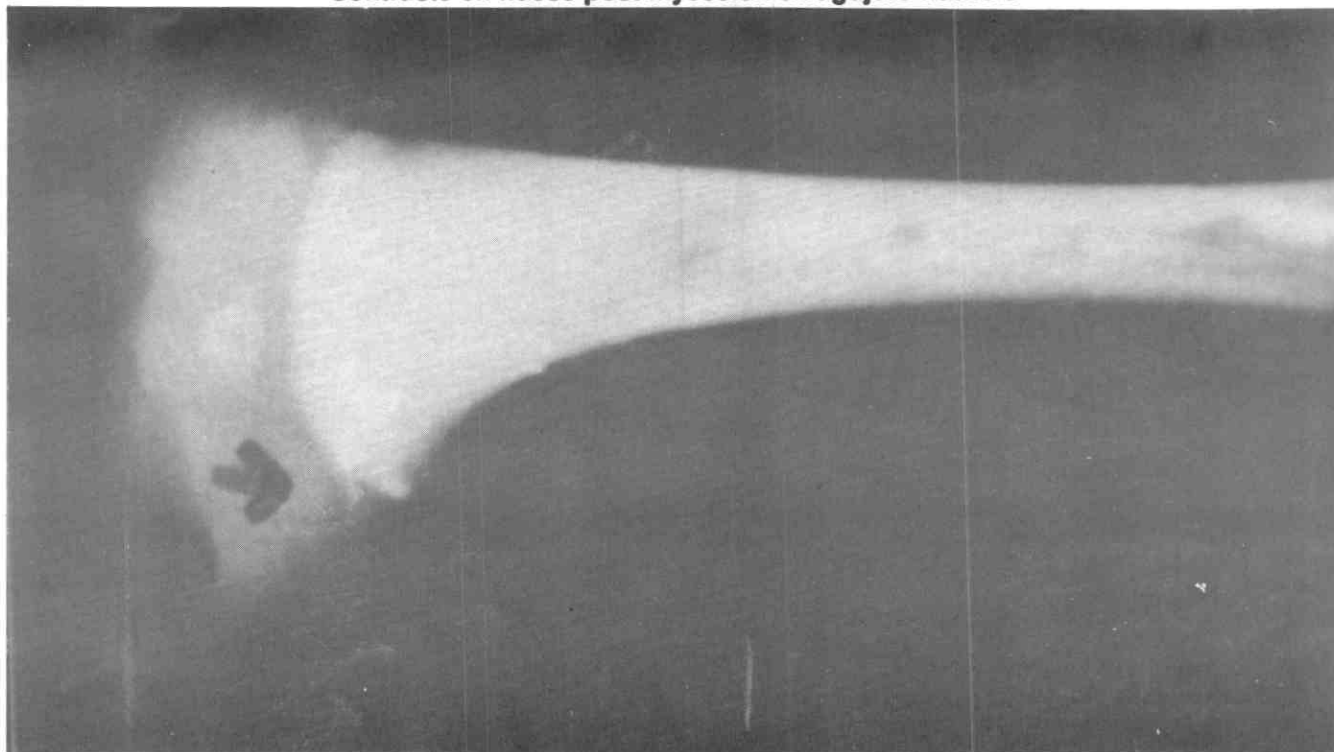
Tercera Parte: Patrón de circulación endosteal.

Al introducir el contraste en el agujero nutricional se pudo constatar cómo éste se difundía en el interior del hueso a través de la diáfisis, metafisis y área cercana a la fisis. Se pudo evidenciar que en los fetos existía el paso del contraste desde el agujero nutricional hasta la epifisis lo cual nos sugiere la presencia de canales vasculares a través de la fisis.

Cuarta Parte: Anatomía vascular en ovejos. Se encontró la arteria nutricia a una distancia de 5 cms de la línea interarticular, medio centímetro lateral a la línea media posterior de la tibia, es decir una situación similar a la del humano, de igual forma con el resto de la vascularidad del hueso.

Quinta Parte: Modelo de fractura experimental.

- Ovejo N° 1: **Osteotomía de tibia sin lesiones y sin Inmovilización.** Resultado: Se observa consolidación lenta, finalmente a las 8 semanas consolidación completa con abundante callo formado por el periosteo pero con una angulación bastante marcada y no aceptable, mayor de 40 grados.
- Ovejo N° 2: **Osteotomía de tibia sin lesiones y con inmovilización.** Resultado: En esta situación luego de haber realizado la osteotomía con mínima lesión a las partes blandas y excelente control de la

Foto N° 3**Contraste en hueso post inyección en agujero nutricional**

fractura por la inmovilización se obtiene un resultado excelente sin ninguna angulación.

- Oveja N° 3: **Osteotomía de tibia con ligadura de arteria nutricia e Inmovilización.** Resultado: En este caso se observa un retardo en la cicatrización endosteal y un callo más a expensas del periosteo. Sin embargo a las 8 semanas está completamente consolidado.
- Oveja N° 4: **Osteotomía de tibia con lesión de periosteo.** Resultado: En este animal se observó un retardo en la consolidación, finalmente consolidada a las 8 semanas, el tiempo de consolidación es mayor que en el animal al cual se le ligó la arteria nutricia.
- Oveja N° 5: **Osteotomía de tibia, lesión de arteria nutricia y periosteo.** Se encuentra aquí mayor retardo en la consolidación. Al retirar la inmovilización a las 8 semanas se angula.
- Oveja N° 6: **Osteotomía de tibia, fijación con placa sin lesiones asociadas.** Se observa la cicatrización más lenta que en el animal al cual no se le colocó placa, pero finalmente cicatriza a las 8 semanas con buen callo.
- Oveja N° 7: **Osteotomía de tibia, lesión de arteria nutricia y fijación con placa.** En este animal el callo depende principalmente del periosteo y consolida a las 8 semanas.
- Oveja N° 8: **Osteotomía de tibia, fijación con placa y lesión de periosteo.** Se observa retardo en la consolidación y a las 8 semanas cicatriza con formación de callo endosteal y poco periosteal.
- Oveja N° 9: **Osteotomía de tibia, lesión de periosteo y lesión de arteria nutricia y colocación de placa.** Sucede en este caso que no existe consolidación, se angula y se produce aflojamiento. En este grupo al fijarse la osteotomía también se produjo un fragmento intermedio que fue incorporado a la osteosíntesis mediante un tornillo de compresión. Se produce entonces una fractura compleja con alta destrucción de las partes blandas y múltiples fragmentos fijados anatómicamente.
- Oveja N° 10: **Osteotomía de tibia y enclavado Intramedular.** En este caso la fijación endomedular fue adecuada, de buen tamaño y el elemento metálico proporcionó estabilidad. Consolidó tempranamente.
- Oveja N° 11: **Osteotomía de la tibia, lesión de la arteria nutricia y fijación Intramedular.** En este caso la fijación no fue rígida y produjo un callo exuberante, pero de menor calidad que el ovejo N°

Foto N° 4
Arteria nutricia en ovejos



10, originado principalmente por el periosteo tempranamente. La estabilidad que se obtuvo en este animal fue menor que la del animal número 10.

- Ovejo N° 12: **Osteotomía de la tibia, lesión del periosteo y fijación Intramedular.** Se observa retardo en la consolidación pero ésta es mejor que en el caso que se realizó sin fijación intramedular con lesión del periosteo.
- Ovejo N° 13: **Osteotomía de la tibia, lesión de periosteo, lesión de arteria nutricia y fijación endomedular.** Se observó el retardo mas acentuado en el grupo. Se obtiene mejor cicatrización que la misma situación con placa y la misma situación sin síntesis ósea.
- Ovejo N° 14: **Osteotomía de tibia, lesión de periosteo, arteria nutricia y colocación de fijador externo.** En este animal se observó la mejor evolución inmediata, apoyó más rápidamente que los animales anteriores y por dos semanas se observó excelente estabilidad. Sin embargo a las 8 semanas no había consolidado. Al año, una radiografía de control evidenció consolidación (se retiró el fijador a las 10 semanas).
- Ovejo N° 15: **Osteotomía de tibia sin lesión asociada y colocación de fijador externo.** A las 8

semanas consolidó. Discreta angulación por dificultades en el cuidado de la posición de los clavos del fijador en el animal.

Este trabajo tuvo una duración de 3 años en su ejecución y la obtención de los resultados.

Discusión

Frecuentemente el cirujano ortopedista observa el mismo trazo de fractura tratado en la misma forma con resultados totalmente diferentes. Por ejemplo una fractura transversa de la tibia tratada en forma no quirúrgica; o tratada quirúrgicamente con placa, fijación endomedular o tornillos simplemente, y los resultados son completamente diferentes.

En algunas ocasiones lo que está indicado mecánicamente hoy en día no da buen resultado, sin embargo tratamientos no actualizados producen un buen resultado. Obviamente deben existir factores diferentes a los simplemente mecánicos. La mayor parte de las investigaciones se han concretado a través de los años al estudio de la parte del área biomecánica y de la obtención de mejores materiales para la fijación de los huesos.^{1,3,6,7,9,10,19,38,50,53,63,68,74,77} Sin embargo aisladamente se han producido intentos por definir la vasculari-

Foto N° 5
Osteotomía con cincel en tibia de ovejo



dad y el metabolismo óseo.^{12,18,21,25,26,33,35,36,37,48,71,79} No encontramos en la literatura buscada un trabajo que haya sabido agrupar la parte anatómica, la parte mecánica y la parte experimental en la cual se reproduzcan las situaciones que teóricamente se pueden presentar con relación a la producción de lesión anatómica en el hueso. Ese fue el objetivo de nuestro trabajo.

Cuando se realiza compresión ósea indirectamente en los vasos sanguíneos el flujo puede detenerse. Esto pudiera explicar la conducta del hueso ante la compresión. Después del fresado endomedular se lesiona abundantemente la circulación endosteal. Esto lo ha descrito Suter y Pfister.^{54,55,58,75,76} En esta situación con esta lesión, la circulación periosteal toma el control de la circulación ósea pues la parte intramedular ha sido lesionada. Esto ha sido observado en conejos, ovejos y perros por Kessler.^{13,16,17,34} El área de la necrosis avascular es muy variable, como ha sido demostrado ampliamente en trabajos realizados por el Grupo AO. También se ha observado la disminución de la circulación en el área donde se colocan tornillos y áreas donde se colocan clavos como en la situación de los fijadores externos.^{21,67,73,80}

Han sido publicados numerosos trabajos comparando el efecto de las placas de compresión de los

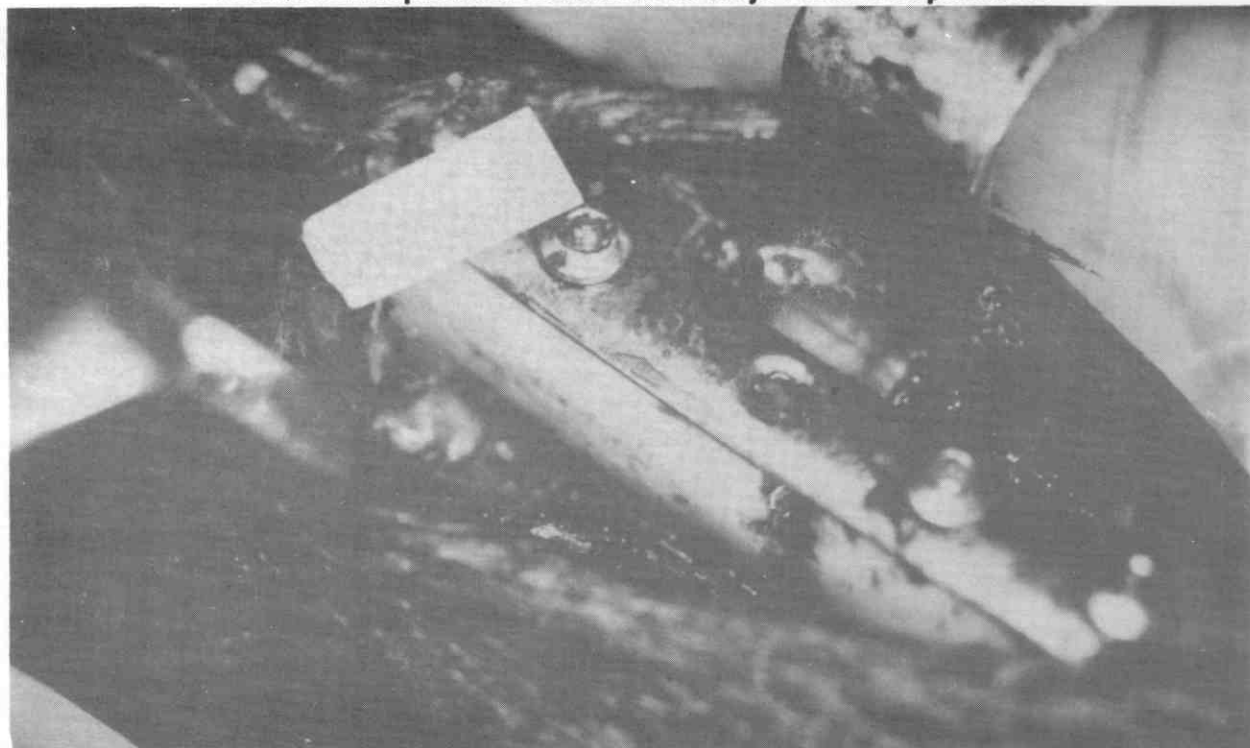
fijadores externos en la cicatrización ósea temprana.^{3,20,27,41} En el sentido estrictamente mecánico abundan las controversias con relación al tipo de implante: si es muy rígido absorbe mucha energía y el hueso se debilita y retarda su consolidación, si es muy flexible no permite la cicatrización temprana pero el hueso es de mejor calidad. Esto ha sido demostrado por numerosos trabajos.^{1,7,49,72}

Lewallen de la Clínica Mayo en su trabajo "Comparación de los efectos de las placas de compresión y los fijadores externos en cicatrización ósea temprana" concluye que las condiciones mecánicas óptimas para la cicatrización de la lesión diafisaria todavía no son conocidas. En ese estudio durante los primeros 120 días de cicatrización de la osteotomía de tibia realizada en monos hubo un aumento en la reabsorción ósea y una disminución de la formación ósea en tibias que fueron fijadas con un fijador externo unilateral. Finaliza señalando que el conocimiento de la respuesta durante la fase temprana de la cicatrización ósea debe ser de beneficio en el diseño del instrumental.

El autor Zdeblick en su trabajo publicado en 1988,⁸¹ compara osteotomías en perros realizadas en dos grupos: uno en el cual el área de la osteotomía estaba vascularizada, el otro en el cual el área de la osteotomía

Foto N° 6

Colocación de placa en osteotomía de ovejito + lesión de periosteo



estaba desprovista de vascularidad. Concluye que a los 3 meses el 87% de las osteotomías vascularizadas de tibia cicatrizaron y en el grupo no vascular solamente 43 consolidaron. Finaliza señalando que estos resultados representan una ventaja importante en la cicatrización del grupo vascular como es de esperarse. Sin embargo no da detalles sobre el tipo de lesión vascular, no menciona la arteria nutricia o los aspectos circulatorios endosteales ni compara diferentes tipos de fijación interna.

Conclusiones

1. Este es un trabajo realizado durante un período de tres años en el cual se ha estudiado la vascularidad de la tibia en seres humanos identificándose la arteria nutricia en todos los casos y en el cual se trata además de establecer qué papel juega en la cicatrización ósea. Se encontró un caso de dos arterias nutricias no descritas previamente. La arteria nutricia representa una parte muy importante en el sistema circulatorio óseo intramedular.
2. Se crea un modelo experimental luego de haber aislado la arteria nutricia y definido la vascularidad en el animal de experimentación. Este animal fue

escogido con una base sólida anatómica y no por razones de manejo u otras razones.

3. Se crean 14 situaciones clínicas diferentes para poder correlacionar la parte vascular con la parte mecánica y esto a su vez con los resultados y poder producir algunas conclusiones.
4. Se comprueba que la arteria nutricia es el flujo dominante en la circulación interna del hueso y se distribuye a todo lo largo del mismo.
5. Se comprueba que el periosteo es más importante que la circulación endosteal y que cuando uno de los sistemas falla el otro asume el control de la situación. Se producen consecuencias más negativas cuando existe lesión del periosteo y su tipo de circulación. En el diseño de los clavos endomedulares lo ideal sería un clavo que no contactara todo el interior del hueso para que permanecieran áreas sin lesión de la circulación. La colocación de material intramedular lesiona la circulación endosteal y en el diseño de los mismos lo ideal sería un clavo que no contactara.
6. Los animales no inmovilizados y simplemente fracturados consolidan siempre como es conocido de todos pero el problema es la angulación. Lo ideal sería no intervenir y colocar una inmovilización pero

Foto N° 7
Oveja operado



esto trae como consecuencia la enfermedad de la fractura. Es por eso que debemos escoger un implante cuando se requiera por las circunstancias biomecánicas que produzca el menor daño y estabilice la fractura.

7. Se comprueba que el tercio medio de la tibia en su parte medial está desprovisto de buena vascularidad y eso se corrobora con la situación clínica de la dificultad para cicatrizar esta fractura.
8. En una lesión severa en la cual existe destrucción del periosteo y del sistema endosteal o arteria nutricia hemos comprobado que la estabilización ayuda a la cicatrización pero quizás en esta situación lo ideal sea la fijación intramedular con un elemento de síntesis que no esté en contacto a

través de los 360 grados de la circunferencia interna del hueso o un fijador externo. En ambos casos no se lesiona aún más la biología al colocar el implante. Se ha demostrado que cuando exista lesión de periosteo y de la parte endosteal, es decir lesión de alta energía, gran destrucción de partes blandas, etc., si la situación se estabiliza, siempre y cuando esto no signifique más daño a los tejidos la cicatrización, es mejor que sin estabilización. (Ver resultados ovejos grupo control vs. ovejos estabilizados).

9. Se prueba que se pueden crear modelos experimentales de fracturas para cada uno de los huesos y así obtener conclusiones aplicables al ser humano.

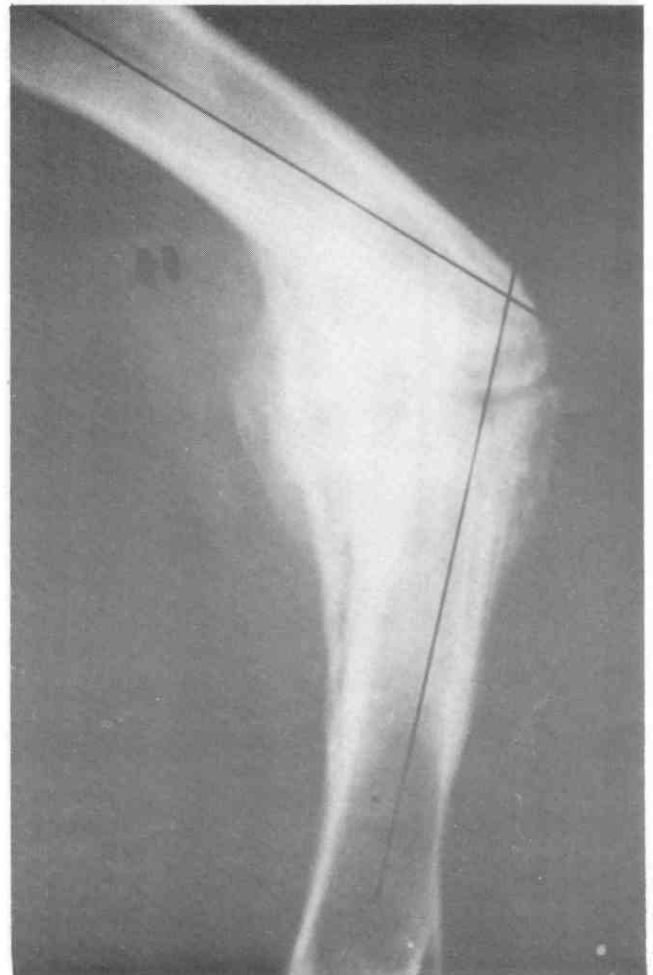
Foto N° 8

Animal (ovejo) con fijador externo



Foto N° 9

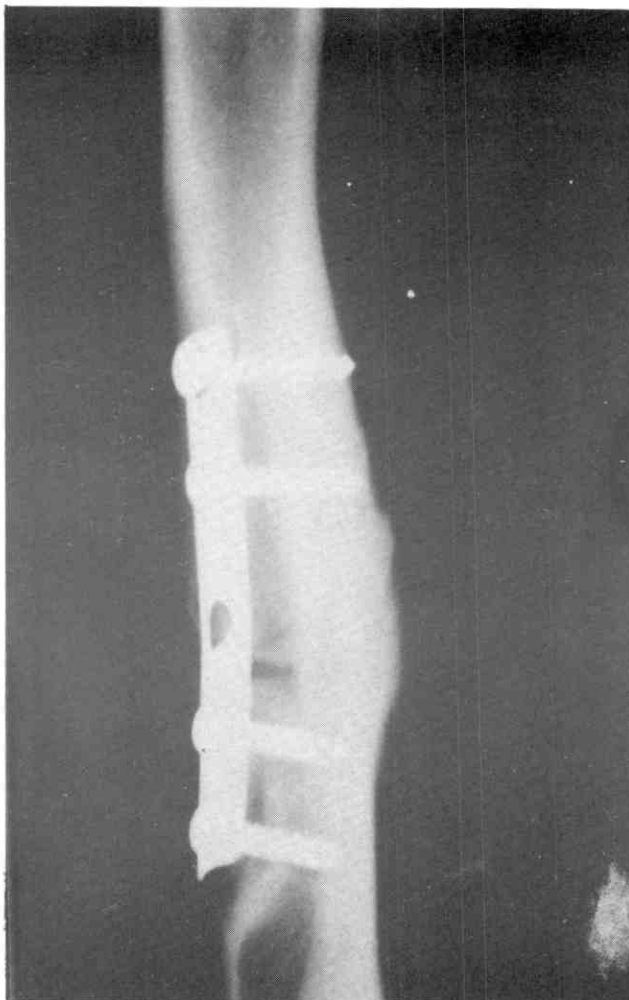
Rayos X ovejo N° 1. Osteotomía sin lesión adicional. No se coloca yeso. Resultado: consolidación pero angulado



10. El ovejo es un excelente modelo para la fractura de la tibia.
11. El cirujano debe respetar el periosteo cuando realice cualquier tipo de cirugía y debe pensar siempre en el aspecto biológico.
12. El haber demostrado la presencia del contraste atravesando la fisis puede explicar el mecanismo de algunas infecciones en el área metafisaria que pasan al área de la epifisis en recién nacidos y en articulaciones en las cuales no exista la condición de ser el área metafisaria intracapsular.
13. En fracturas abiertas en las cuales se produjeron lesiones importantes de partes blandas es importante la fijación. Por supuesto en este caso entra en juego la contaminación lo cual introduce un factor negativo para la cicatrización ósea.

Foto N° 10

Rayos X ovejo N° 6. Osteotomía de tibia sin lesiones asociadas + placa consolidada a las 8 semanas

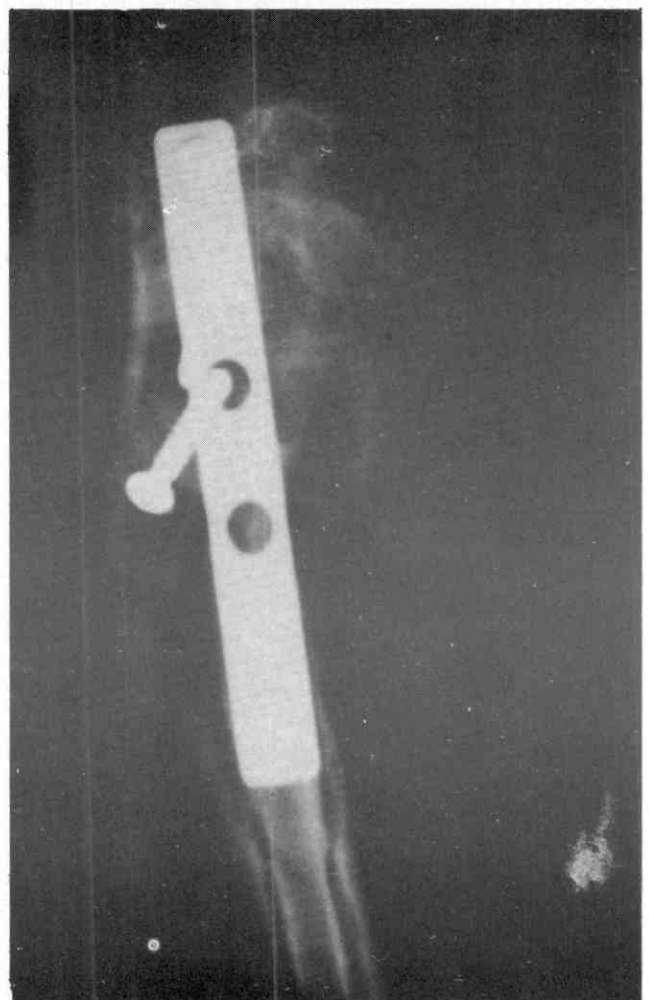


14. Al realizar una fijación anatómica o compresión de fragmentos significando esto extensa disección y más daño a la anatomía en una lesión biológicamente negativa trae malas consecuencias para la cicatrización ósea.
15. El material de implantes y los implantes en sí no producen retardos en la consolidación. Es la metodología utilizada en la aplicación de los mismos, así como las indicaciones de éstos, los que generan las indeseables situaciones de dificultad o imposibilidad para la cicatrización ósea.
16. Si existe lesión grave del periosteo la fijación interna endomedular produce mejores resultados que no fijarlo o inmovilizarlo con yeso. (Ver grupo ovejo N° 12).
17. Las placas producen buen resultado si no existe

Foto N° 11

Osteotomía + lesión del periosteo + arteria nutricia.

A las 8 semanas obsérvese: no consolidación



daño biológico. (Ver grupo ovejo Nº 6).

18. Creemos que el tratamiento de una fractura se define como un equilibrio entre lo mecánico y lo anatómico. Es decir, un mismo tipo de fractura puede tener diversos tratamientos. Se impone en cada situación el análisis biológico para luego decidir el aspecto biomecánico.
19. No existe un implante ideal ni existen indicaciones específicas de implantes para los diferentes tipos de fracturas.

Bibliografía

1. Akesson WH, Woo SL-Y, Rutheford, Ladd, Coutts RD, Gonsalvez M. and Amiel D. The Effects of Rigidity of Internal Fixation Plates on Long Bone Remodelin. A Biomechanical and Quantitative Histological Study. *Acta Orthop. Scandinavia.* 1976; 47:241-249.
2. Alles WC, Heiple KG, Burstein AH. A fluted femoral intramedullary rod. Biomechanical analysis and preliminary clinical results. *J Bone Joint Surg.* 1978; 60A:506-515.
3. Anderson LD, Sisk TD, Tooms RE, Park WI, III. Compression Plate Fixation in Acute Diaphyseal Fractures of the Radius and Ulna. *J Bone and Joint Surg.* 1975; 57-A:287-297.
4. Bailey's Textbook of Histology. Ed 12. Revised by P.E. Smith and W.M. Copenhaver. Baltimore. The Williams and Wilkins Co. 1948.
5. Bechtold JE, Schneider E, Vock P., et al. Geometric fit of the intramedullary nail to the bone cavity. *J Biomech.* 1985; 18:544.
6. Behrens F, Johnson WD, Koch TW. Bending Stiffness of Unilateral and Bilateral External Fixator Frames. *Trans Orthop Res Soc.* 1982; 7:184.
7. Bradley GW, McKenna GB, Dunn HK, Daniels AU, Statton WO. Effects of Flexural Rigidity of Plates on Bone Healing. *J Bone and Joint Surg.* 1979; 61-A:866-872.
8. Brookes M. The Vascularization of Long Bones in the Human Foetus. *J Anat.* 1958; 92:261-267.
9. Cordey J, Perren SM, Steinemann S. Parametric analysis of the stress protection in bone after plating. *Biomechanics: Basic and Applied Research. Presented at the Fifth meeting of the European Society for Biomechanics.* Berlin. 1987; 387-392.
10. Cordey J, Schwyzer HK, Brun S, et al. Bone loss following plate fixation of fractures? *Helv Chir Acta.* 1985; 52:181-184.
11. Cowdry EV. A textbook of Histology: Functional Significance of Cells and Intercellular Substances, Ed. 4. Philadelphia, Lea and Febiger. 1950.
12. Danckwardt-Lilliestrom G. Reaming of the medullary cavity and its effect on diaphyseal bone. A fluorochromic, microangiographic and histologic study on the rabbit tibia and dog femur. *Acta Orthop Scand.* 1969; 128 (suppl): 1-153.
13. Dell PC, Burchardt H. Mechanical and roentgenographic evaluation of vascular segmental dog cortical autografts. *Transactions 28th. Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, New Orleans, Louisiana, Jan 19-21, 1982;* p. 140.
14. Diehl K, Harms J, Hanser H, et al. Experimental research into the stability of bone plate osteosynthesis as a function of the initial stress in animals. *Z Orthop.* 1979; 11:710-712.
15. Eisner HP, Barraud GE, Johner RT, et al. Optimal insertion of lag screws for internal fixation of spiral fractures of the tibia. *J Biomech.* 1985; 18:543-545.
16. Enneking W, Burchardt H, Puhl J, Piotrowski G. Physial and biological aspects of repair in dog cortical -bone transplant. *J Bone Joint Surg.* 1975; 57A:237.
17. Enneking WF, Morris JL. Human autologous cortical bone transplants. *Clin Orthop.* 1972; 87:28.
18. Enzler MA. Die reibung swischen metallimplant und knochen. *AO Bulletin.* Bern. 1977.
19. Gautier E, Cordey J, Mathys R, et al. Porosity and Remodeling of Plated Bone After Internal Fixation: Result of Stress Shielding or Vascular Damage. Amsterdam, Elsevier Science Publishers. 1984.
20. Gray. *Anatomy.* p. 590.
21. Gunst MA, Suter C, Rahn BA. Die knochendurchblutung nach plattenosteosynthese. *Helv Chir Acta.* 1979; 46:171-175.
22. Haliburton RA, Sullivan CR, Kelly PJ, Peterson LFA. The Extraosseous and Intra-osseous Blood Supply of the Talus. *J Bone and Joint Surg.* 1958; 40-A:1115-1120.
23. Ham AW. Some Histophysiological Problems Peculiar to Calcified Tissues. *J Bone and Joint Surg.* 1952; 34-A:701-728.
24. Haws CS, O'Brien BM, Kurata T. The microsurgical revascularization of resected segments of tibia in the dog. *J Bone Joint Surg.* 1978; 60B:266.
25. Hayes WC, Perren SM. Plate bone friction in the compression fixation of fractures. *Clin Orthop.* 1972; 89:236-240.
26. Herzog F. Nagelung der Tibiaschaftbrueche mit einem starren Nagel. *Deutsche Zeitschrift Fuer Chirurgie.* 1953; 276:227-229.
27. Hollinsead H. *Anatomy for Surgeons.* Vol III. Harper, Row. 1969; 805.
28. Johner R, Joerger K, Cordey J, et al. Rigidity of pure lagscrew fixation as a function of screw inclination to an in vitro spiral osteotomy. *Clin Orthop.* 1983; 178:74-79.
29. Johnson RW Jr. A Physiological Study of the Blood

- Supply of the Diaphysis. *J Bone and Joint Surg.* 1927; 9:153-184.
30. Jordan HE. *A Textbook of Histology.* Ed. 9. New York, Appleton-Century-Crofts, Inc. 1952.
31. Kelly PJ, Peterson LFA, Kanes JM. Ultrastructure of Bone. *Technic of Microradiography and Its Possible Application to the Study of Bone.* Proc Staff Meet, Mayo Clin. 1957; 32:687-690.
32. Kelly PJ, Peterson LFA, James JM. A Method of Using Sections of Bone Prepared for Microangiography for Subsequent Histologic Study. Proc Staff Meet. Mayo Clin. 1959;34:274-283.
33. Kempf I, Grosse A, Lafforgue D. L'apport du verrouillage dans l'enclouage centro-médullaire des os longs. *Rev Clur Orthop.* 1978; 64:635-651.
34. Kessler SB, Hallfeldt KK, Perren SM, et al. The effects of reaming and intramedullary nailing fracture healing. *Clin Orthop.* 1986; 212:18-25.
35. Klemm K, Schellmann WD. *The interlockin Intramedullary Nail.* Amsterdam. Excerpta Medica. American Elsevier Publishing. 1973; 1078-1108.
36. Kuentscher G. Die marknagelung des truemmerbruches. *Langenbecks. Arch Chir.* 1968; 322:1063-1069.
37. Kuentscher G. *Die marknagelung.* Berlin. Saenger. 1950.
38. Kuentscher G. *Der Praxis del marknagelung.* Stuttgart. Schattauer. 1962.
39. Laing PG. The Arterial Supply of the Adult Humerus. *J Bone and Joint Surg.* 1956; 38-A:1105-1116.
40. Langer K. *Über das Gaffassystem der Röhrenknochen mit Beiträgen zur Kenntniss des Baues und der Entwicklung des Knochengewebes.* Denkschr.d.K.akad. de Wissen. Mathemat. - Naturw. - Schaft. _ Classe, Wien. 1876; 36:1-40.
41. Lewallen. Comparison of the Effects of Compression Plates and External Fixations on Early Bone Healing *JBJS.* 1984; 66A, N^o 7.
42. Lewis OJ. The Blood Supply of Developing Long Bones with Special Reference to the Metaphyses. *J Bone and Joint Surg.* 1956; 38B:928-933.
43. Lexer E, Kuliga P, Turk W. *Untersuchungen über Knochenarterien mittelst Röntgenaufnahmen inhizierten Knochen und ihre Bedeutung für einzelne pathologische Vorgänge am Knochensysteme,* Berlin, Hirschwald. 1904.
44. Luethi U. *Auflageflaeche von Osteosyntheseplatten und intrakortikale Durchblutung,* disertation. Basef, 1982.
45. Lottes JO. Blind nailing technique for insertion of the triflange medullar nail. Report of 300 mases for fractures of the shaft of the tibia. *Jama.* 1954; 155:1039-1042.
46. Martens M, De Meester P, Mulier JC, et al. Mechanical failure of implants in orthopedic surgery. *Acta Orthop Belg.* 1973; 39:738-751.
47. McKibbin B. The biology of fractura healing in long bones. *J Bone Joint Surg.* 1978; 60B:150-162.
48. Mueller ME, Allogoewer M, Willenegger H. *Manual of Internal Fixation.* Berlin. Springer-Verlag. 1969.
49. Nelson Kelly. Blood Supply of the human tibial. *JBJS.* 1960;42-A:625.
50. Olerud Sven, Danckwardt-Lilliestrom Goram. Fracture Healing in Compression Osteosynthesis in the Dog. *J Bone and Joint Surg.* 1968; 50-B:844-851.
51. Pease DC. An Electron Microscopic Study of Red Bone Marrow. *Blood II.* 1956; 501-526.
52. Perren. *The Biomechanics and Biology of Internal Fixation Using Plates and Nails.* Orthopedics. 1989; 12:21-34.
53. Perren SM. *Physical and Biological Aspects of Fracture Healing with Special Reference to Internal Fixation.* Clin Orthop. 1979; 138:175-196.
54. Perren SM, Huggler AH, Russenbreg M, et al. Cortical bone healing the reaction of cortical bone to compression a dynamic compression plate. *Acta Orthop Scand.* 1969; 125:1-63.
55. Perren SM, Beaupre G. Breakage of AO/ASIF medullary nails. Material related or designed trade-off. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1984; 102:191-197.
56. Perren SM, Ganz R, Rueter A. *Oferflaechliche Knochenresorption um Implantate.* Medizinnisch-Orthopaedische Technik. 1975; 95:6-10.
57. Pfister U. *Viomechanische und histologische untersuchungen nach marknagelung der tibia.* Fortschr Med. 1983; 101:1652-1659.
58. Pfister U, Rahn BA, Perren SM, et al. *Vaskularitaet und knochenumbau nach marknagelung langer roehrenknochen.* Aktuel Traumatol. 1979; 9:191-195.
59. Pfister U, Frigg R. *Die verklemmung des marknagels in der markhoehle der tibia. In vitro messung der laengs und querdeformation des marknagels mit hilte von dehnmessstreifen.* Aktuel Traumatol. 1980; 10:117-121.
60. Peterson LFA, Neher, Merlin, Kanes JM, Kelly PJ. *A Stereoscopic Microradiographic Camera with Vacuum Film-Holder and a Stereomicroscope.* Proc Staff Meet. Mayo Clin. 1959; 34:283-289.
61. Peterson LF, Kelly PJ, Janes JM. *Ultrastructure of Bone, Technic of Microangiography as applied to the study of Bone,* Preliminary Report Proc. Staff Meet. Mayo Clin. 1957; 32:681-686.
62. Ramon y Cajal, Santiago. *Histology.* Ed. 10. Translated by M. Fernán-Nuñez, Baltimore, Willian Wood and Co. 1933.

63. Reynolds FC, Key JA. Fracture Healing after Fixation with Standard Plates, Contact Splints, and Medullary Nails. An Experimental Study. *J Bone and Joint Surg.* 1954; 36-A:577-587.
64. Rhinelander FW. *Physiology of Bone from the Vascular Viewpoint*, San Antonio, Tx. Society for Biomaterials. 1978; 2:24-26.
65. Rittmann WW, Perren SM, Allgoewer M, et al. Cortical Bone Healing After Internal Fixation and Infection. Berlin Springer-Verlag. 1974; 1-76.
66. Sadakane T, Nagano K, Onoue Y, et al. Anatomische und biomechanische untersuchungen/ur lemurmarnagelung. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1978; 91:31-37.
67. Schmelzeisen H. Mechanische un thermometrische befunde beim bohren in der Corticals. *Hefte Unfallheilkunde.* 1987; 189:33-39.
68. Statis P, Karaharju E, Holmstrom T, Ahonen J, Paavolainen P. Structural in Intact Tubular Bone after application of Rigid Plates with and without Compression. *J Bone and Joint Surg.* 1978; 60-A:516-522.
69. Spalteholz (K) W. Ueber das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten nebst Anhang: Ueber Knochenfärbung, Leipzig, Hirzel. 1911.
70. Stadler J, Brennwald J, Frigg R, et al. Induction of bone surface resorption by motion. An in vivo study using passive and active implants. Presented at the Second International Symposium on Internal Fixation of Fractures. Lyon. 1982; 62-64.
71. Stuermer KM, Schuchardt W. Neue aspekte der gedeckten marknagelung und des aulbohrens der markhoehle im tierexperiment. II. Der intramedullaere druck veim aufbohren der markhoehle. *Unfallheilkunde.* 1980; 83:346-352.
72. Testut L. *Anatomía Humana. Salvat. Tomo 2. p. 385.*
73. Tonino AJ, Davidson CL, Klopfer PJ, Linclau LA. Protection from Stress in Bone and Its Effects Experiments with Stainless Steel and Plates in Dogs. *J Bone and Joint Surg.* 1976; 58-B:107-113.
74. Uthoff HK, Dubuc FL. Bone Structure Changes in the Dog under Rigid Internal Fixation. *Clin Orthop.* 1971; 81:165-170.
75. Waelchli-Suter C. Entwicklung eines modells fuer die experimentelle marknagelung an der kaninchentibia und untersuchung der kortikalen durchblutung nach marknagelung am intakten knochen. *AO Bulletin. Bern.* 1980.
76. Weinstein AM, Starkebaum WL, Klawitter JJ, et al. Retrieval and analysis of Intramedullary Rods. San Antonio. Texas. Society for Biomaterials. 1978; 2:50.
77. White AA. Fracture Treatment. The Still Unsolved Problem. *Clin Orthop.* 1975; 106:279-284.
78. White GM, Healy WL, Brumback RJ, et al. The treatment of fractures of the femoral shaft with the Brooker-Wills distal locking intramedullary nail. *J Bone Joint Surg.* 1986; 68A:865-876.
79. Wiss DA. Flexible medullary nailing of acute tibial shaft fractures. *Clin Orthop.* 1986; 212:122-132.
80. Woo ELY, Akeson WH, Coutrts RD, Rutherford L, Doty D, Jemmott GF, Amiel D. A Comparison of Cortical Bone Atrophy Secondary to Fixation with Large Differences in Bending Stiffness. *J Bone and Joint Surg.* 1976; 58-A:190-195.
81. Zdeblick. The Healing of Canine Vascularized Segmental Tibial Osteotomies. *Corr.* 1968; 236.
82. Zuber K, Schneider E, Eulenberger J, et al. Form und dimension der markhoehle menschlicher femoral im Hinblick auf die passung von amrknagel-implantated. *Der Unfallchirurg.* 1988; 91:314-319.