

Tesi doctoral presentada per En/Na

Rosendo ULLOT FONT

amb el títol

**"Alargamiento de fémur
con resección de periostio.
Estudio experimental en el conejo"**

per a l'obtenció del títol de Doctor/a en

MEDICINA I CIRURGIA

Barcelona, 14 de juliol de 1994.

Facultat de Medicina
Departament d'Obstetrícia i Ginecologia,
Pediatría, Radiologia i Medicina Física



UNIVERSITAT DE BARCELONA



I INTRODUCCION

1 ALARGAMIENTO DE EXTREMIDADES.

EVOLUCION HISTORICA

Dado que la discrepancia de longitud de una extremidad es una deformidad y el alargamiento de la misma una solución, quizás la primera referencia la tengamos en **NICOLAS ANDRY (1743)** y su libro "Ortopedia", subtítulo "El arte de corrección y prevención de las deformidades en los niños". En la sección de deformidades en los brazos, manos, piernas y pies, sugirió una cura que podía ser realizada por los propios padres: "Frotar la pierna o el brazo del niño con un trozo de ropa roja, frotar nuevamente varias veces, pero no con demasiada brusquedad, para devolver la fuerza a esta parte".

El primer informe sobre alargamientos posiblemente sea el de Hopkins en 1889, citado por **MAGNUSON (1913)**. En él, las piernas eran alargadas realizando una osteotomía.

La primera publicación referida al alargamiento de una pierna aceptada como tal es la de **CODIVILLA (1905)**. Su técnica consistía en practicar una osteotomía y colocar una escayola mientras con una doble tracción mantenía el alargamiento conseguido con buena alineación. De vez en cuando la escayola se cortaba en circulo, se aplicaba una nueva tracción con lo que se lograba un nuevo alargamiento, este dejaba un hueco en el yeso que se rellenaba nuevamente con más yeso. El mismo Codivilla afirmaba que el método aplicado de esta manera tenía grandes inconvenientes, pues conducía a la necrosis de una gran parte de superficie de la piel y de los tejidos que están entre la piel y el hueso. Por esta razón, en el mismo trabajo describe también un alargamiento femoral mediante osteotomía oblicua mediodiafisaria, tracción esquelética transcalcánea, contratracción mediante enyesado pélvico colocado en una mesa de extensión de Schede-Eschbaum, para mantener el alargamiento conseguido (Fig. 1). De este modo introducía la primera modificación a su técnica, al añadir un clavo en calcáneo en la base del yeso, pero la mayor parte de la tracción era ejercida por el yeso sobre la piel. Presentó un informe de 26 casos con alargamiento de pierna de 3 a 8

cm. y comentaba que después de añadir el clavo a calcáneo, su método no dejaba deformaciones. Este método implicaba un alargamiento inmediato en quirófano, seguido de una prolongada estancia en cama, mientras el defecto óseo se iba rellenando. El primero que hizo mención sobre que las partes blandas producen más dificultades a la elongación que el hueso también fue Codivilla.

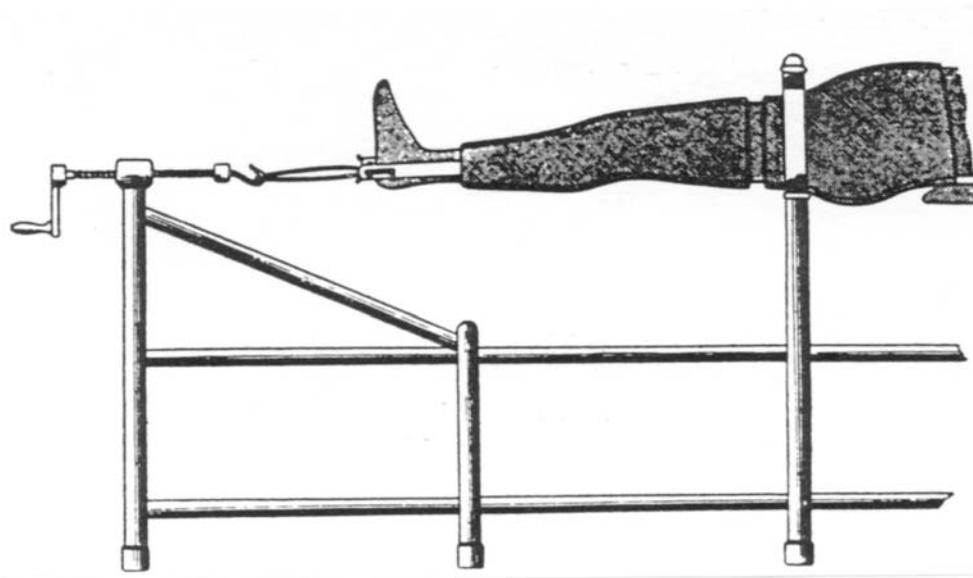


Fig. 1. Método de Codivilla. Mesa de Schede-Eschbaum.

Este método fue empleado por otros autores como **FREIBERG (1912)**.

El primer informe de experimentos con animales lo publicó **MAGNUSON (1908)**. Realizados en perros, demostró que los vasos y nervios pueden soportar un alargamiento de 2 a 3 pulgadas sin dañarse, lo que extrapoló al alargamiento de fémur humano.

La experiencia clínica la publicó **MAGNUSON (1913)**. Estaba referida a 14 casos de alargamiento de fémur. Su técnica estaba basada en una larga osteotomía en forma de Z y usando la mesa de tracción de Hawley consiguió una elongación ósea importante, entre 2,5 y 4 pulgadas. El período que mantenía en extensión al paciente estaba comprendido entre 20 y 30 minutos, manteniendo la elongación con tornillos de marfil con cabeza de latón para poderlos cambiar. Como complicaciones, indica 3 casos de dedo gordo caído, por un periodo de 2 a 3 meses, debido al estiramiento del nervio ciático a nivel del popliteo externo. Ante un caso de un paciente que murió por shock, manifiesta que el shock en este tipo de operación es "tremendo". En su experiencia tiene siempre preparada una solución fisiológica de cloruro sódico con

cloruro de epinefrina para administración endovenosa en la mesa de operaciones.

Seguramente Lambret fue el primero en usar la tracción esquelética externa, pero no publicó sus resultados. Años más tarde **BORSWORTH (1938)** la reconoció como innovación, siendo aceptada como tal.

El primer trabajo publicado usando un dispositivo de alargamiento externo es el de **OMBREDANNE (1912)**. Presentó un estudio de un niño al que le había realizado una osteotomía oblicua de 8 cm. de largo y, usando un tornillo externo y un dispositivo de extensión unido a los extremos de dos clavos, permitía el alargamiento a incrementos diarios. Tenía previsto una extensión de 0,5 cm. por día durante un período de 8 días. Al sexto día, con 3 cm. de elongación, se vio forzado a parar por la lesión vascular de la piel. La evolución de este paciente se complicó al infectarse la herida. Teniendo en cuenta que era una época sin antibióticos, este proceso se saldó con un resultado final de 1,5 cm. de elongación conseguida.

PUTTI (1921) discípulo y continuador de los trabajos de Codivilla, publicó su experiencia desde 1910 en el uso de una técnica de tracción esquelética para realizar el alargamiento de fémur. Fue profesor de Ortopedia en la Universidad de Bolonia y Jefe de Cirugía en el Instituto Rizoli de Ortopedia.

La metodología de Putti sentaba unas bases antes de practicar el alargamiento de fémur: "El acortamiento de fémur que no sobrepase las dos pulgadas y no se complique con una desviación del eje estático del miembro, no precisa tratamiento quirúrgico". Indicaba que "el mismo paciente aprende a compensar fácilmente este acortamiento, bajando la pelvis o colocando el pie en posición equina y con una bota alzada es suficiente para disimular la cojera". Para practicar el alargamiento consideraba "los casos de acortamiento que han existido largo tiempo, sobrepasan las dos pulgadas y se consideran definitivos".

Primero utilizó la aguja de Kirschner y la tracción a través de la parte distal del fémur con pesos, manteniendo con otra aguja la contratracción

en la parte proximal del fémur. Después de la distracción se aplicaba un yeso incorporando las agujas.

Para diseñar su método considera el de **CODIVILLA (1905)**: la idea de éste de aplicar la tracción al hueso (calcáneo) es buena, pero la contratracción no se debe aplicar a un tejido que no tenga las propiedades físicas peculiares en las que trabaja la tracción, por lo que la contratracción debe aplicarse también al hueso.

Más tarde, diseñó Putti un aparato que denominaba **osteotón**. Constaba de dos partes: a/ dos clavos largos que fijaba, uno en la zona subtrocantera y el otro en los cóndilos femorales; los insertaba sin necesidad de fresa, paralelos o en ángulos, en un mismo plano o distinto, a través de la superficie externa del muslo, pero atravesando ambas corticales del fémur. b/ un tubo telescópico que contiene un resorte elástico de extensión, presionado por un tornillo. Este tubo está provisto de dos huecos metálicos por los cuales pasan los clavos, conectándose éstos con el tubo.

El tipo de osteotomía practicada era en Z, mediante el empleo de un motor de sierra. Una vez completada la osteotomía, fijados los clavos y aplicado el tubo telescópico, se puede empezar la tracción gradual, oprimiendo el tornillo que mueve el muelle tensor. El aparato lo dejaba colocado 30 días con yeso.

Resumía sus ideas en lo que creía que era básico: Vencer con una tracción continua y gradual la resistencia elástica de las partes blandas durante el alargamiento.

El gran problema del **osteotón** era el poco control conseguido sobre los extremos óseos, con la alta incidencia, durante la elongación, de deformidades angulares.

PUTTI (1921) publica 10 casos operados de alargamiento de fémur, obteniendo elongaciones de 3 a 4 pulgadas; sólo en un caso la tracción causó lesión en el nervio crural y ciático.

El estudio de Putti dió un gran empuje a los procedimientos de alargamiento de pierna.

Dentro del auge que sufren los alargamientos, **ABBOTT (1927)** diseña un dispositivo de alargamiento y comunica su experiencia principalmente con las secuelas de poliomielitis. Practicaba una osteotomía de tibia escalonada, aplicaba una tracción esquelética distal por medio de agujas y por encima una contratracción con una férula de Thomas con anillo de apoyo isquiático (Fig. 2) . Fue el primero en utilizar agujas de tracción fijadas a ambos lados del aparato de alargamiento. La fuerza de tracción de este dispositivo se producía por un muelle compresor (Fig. 3). Mantenía a los pacientes en distracción durante un período de 8 a 10 semanas, inmovilizados con yeso (Fig. 4). Su mayor alargamiento fue de 1,9 pulgadas.

ABBOTT Y GREGO (1928) publican su método de alargamiento femoral. Resulta mas dificultoso que el tibial por las frecuentes

angulaciones anteriores que se producían por la fuerza de los músculos isquiotibiales. El mismo autor comenta su contrariedad por este motivo.

La técnica de Abbott, fue utilizada por **CARRELL(1929)**. Añadió una tercera aguja a la parte anterior de la tibia, para prevenir la angulación, pero descubrió que al causar presión originaba necrosis de la piel y osteomielitis. Manifestó que la técnica de Abbott no debía ponerse en práctica, a menos que el cirujano tuviera un lugar y personal que estuviera interesado en los cuidados postoperatorios.

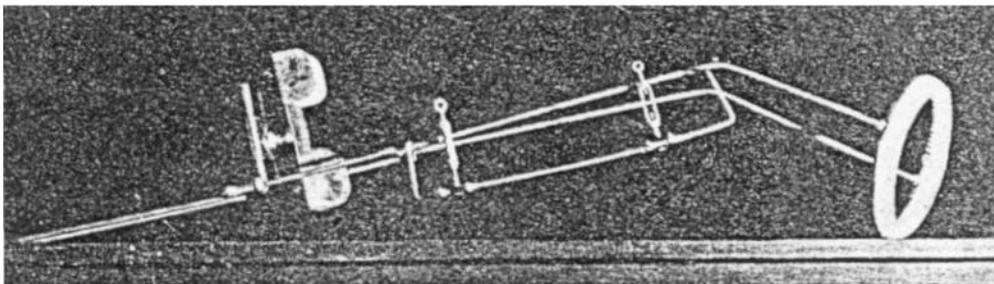


Fig. 2. Férula de Thomas con anillo de apoyo isquiático.

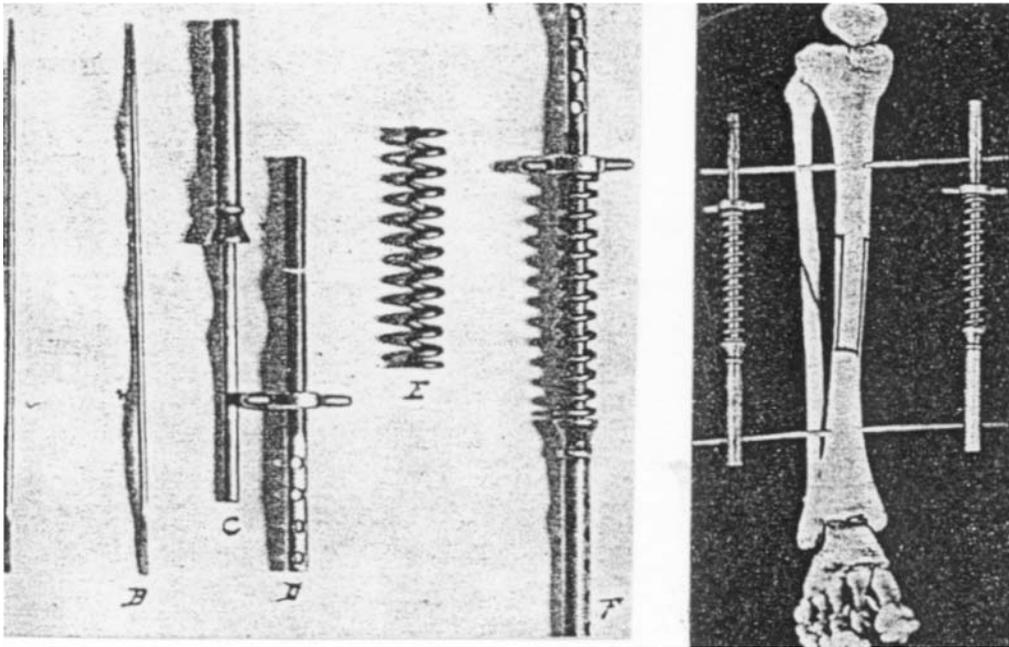


Fig. 3. Dispositivo de alargamiento de Abbot. Osteotomía de tibia escalonada.

En el artículo "Alargamiento de las extremidades inferiores", **ABBOTT (1932)** dice que "En el alargamiento de fémur había experimentado grandes dificultades para diseñar un aparato que pudiera mantener el alineamiento de los fragmentos", pasando a recomendar que las agujas utilizadas para producir la tracción de ambos fragmentos debían ser dos por encima y dos por debajo de la osteotomía.

Pero cabe recordar que hasta que llegó a esta conclusión -más de una aguja en cada fragmento- pasaron muchos años.

En un nuevo artículo **ABBOTT (1939)**, indica nuevas modificaciones a su técnica, dando los primeros resultados.

Un nuevo aparato de alargamiento fue publicado por **DICKSON (1932)** que combinaba el de Abbott de tracción lenta en un marco externo, con el concepto de Kirschner de utilizar agujas de tensión en lugar de clavos largos.

El mismo año **HABOUSH (1932)** introdujo un aparato similar e hizo constar como causa de complicaciones, la dificultad de mantener la alineación, desigualdad en la separación entre tibia y peroné, no reconocer la importancia de tejidos blandos en especial el periostio, equinismo del pie y largo retraso en la consolidación.

En aquella época los alargamientos seguían siendo problemáticos y se buscaba un método ideal. Por eso **PHEMISTER (1933)** presenta su técnica de epifisiodesis como tratamiento de las deformidades y disimetrías.

En su artículo "Indicaciones y contraindicaciones del alargamiento de piernas", **COMPERE (1936)** (Fig. 5), indica que las complicaciones resultantes de hacer un alargamiento de piernas sin reconocer algunas de las contraindicaciones, había dado como resultado que algunos pacientes quedaran más lisiados que antes de la operación. Una intervención efectuada con el propósito de incrementar la altura del paciente debe ser rechazada. Compere se manifiesta así, en contraste con la corriente que deseaba utilizar los alargamientos para aumentar la estatura de los pacientes.

En el mismo artículo, Compere recomienda el injerto óseo simultáneo para disminuir la frecuencia de presentación de la falta de unión.

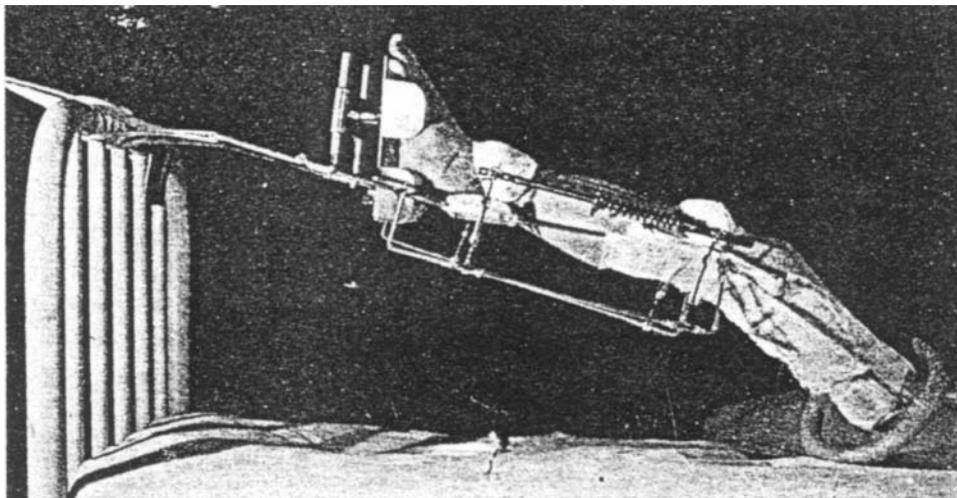


Fig. 4. Método de Abbot.

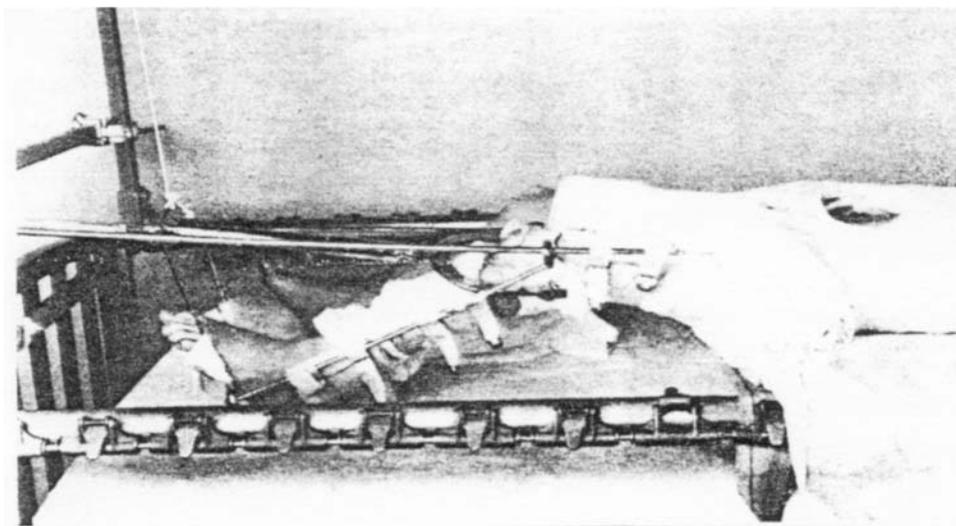


Fig. 5. Sistema de Compere.

La técnica de **ALLAN (1948)** utilizaba dos agujas de Kirschner por encima y dos por debajo de la osteotomía, un yeso cortado a nivel de la osteotomía y un dispositivo con un tornillo de distracción. Este dispositivo difería de los de Abbott y otros autores en que el mecanismo del tornillo alargaba directamente la pierna ("alargamiento positivo"). Allan había introducido un dispositivo que controlaba la cantidad y el porcentaje del alargamiento, mientras que los anteriores dispositivos habían controlado la fuerza del alargamiento. Asimismo, sugirió que la membrana interósea y la fascia no debían ser cortados porque podían interrumpir el riego sanguíneo y con esta posibilidad recomendó 1/6 de pulgada por día de promedio de alargamiento, muy por debajo de las técnicas anteriores.

BOST (1944) aconsejó que para disminuir la resistencia de partes blandas se practicara una liberación amplia por alargamiento de los tendones popliteos, aductores de cadera y cuádriceps.

Un nuevo concepto fue introducido por **McCARROLL (1950)**. Utilizando un clavo placa acanalado para controlar los fragmentos conforme avanzaba la longitud de la elongación, ésta quedaba limitada por la longitud de la placa. Practicaba una osteotomía subtrocantérea en Z, colocaba la placa hendida y aplicaba tracción esquelética por encima (metáfisis femoral distal) y por debajo de la rodilla (en la porción proximal de la tibia), tal como lo había efectuado Abbott. Esta doble tracción la efectuaba por dos motivos: por si uno de los clavos se rompía y para evitar presión a la rodilla. Estas fuerzas de tracción, proporcionaron una protección de la superficie cartilaginosa articular y dieron apoyo ligamentoso a la rodilla, disminuyendo la posibilidad de rigideces a este nivel. Esta tracción se efectuaba con el empleo de pesas, con lo cual era peor controlada que con tornillos. En sus casos hubo una luxación de cadera.

Hasta los inicios de 1950, las complicaciones eran múltiples en los alargamientos practicados: ósteomielitis, lesiones neuromusculares, no

uniones e incluso casos de muertes (**COMPERE (1936), MOORE (1941), ALLAN (1948)**).

Un giro importante en el alargamiento de la pierna se debe a **ANDERSON (1952)** (Fig. 6). Este modifico la técnica original de Abbott. Las características de su método son: a/ practica osteotomía peronea, b/ efectúa una sinostosis tibioperonea distal, para la prevención de una deformidad en valgo del tobillo, c/ perforación subcutánea con broca de la tibia, con posterior ósteoclasia (disminuyendo la lesión de los tejidos blandos), d/ distracción diaria de los segmentos tibiales, utilizando dos clavos de transfixión por encima y dos por debajo de la ósteoclasia (así mantenía el alineamiento) , sujetos a un aparato de distracción de tornillo. La tracción con el tornillo era de 1,5 mm. por día; en el acto operatorio se alarga entre 0,5 y 1 cm (Fig. 7).

Este aparato fue diseñado, originalmente, para elongaciones tibiales, aunque posteriormente se utilizo para alargamientos femorales, pero con mucha menor frecuencia.

El aparato se retiraba una vez conseguido el alargamiento, con un callo y estabilidad suficiente, colocándose un yeso con los clavos incorporados. Se indicaba la colocación de injertos óseos en el caso que entre 2 y 3 meses de terminar la elongación existiera radiológicamente un retraso de consolidación.

El método de Anderson tiene algún concepto que ha llegado a nuestros días, como es: la preservación del tubo perióstico (con lo que además el hematoma se conserva localizado en su interior) y una mínima lesión de las partes blandas (osteoclasia).

Es un método con unas ventajas claras como son la elongación progresiva y la osteotomía percutánea.

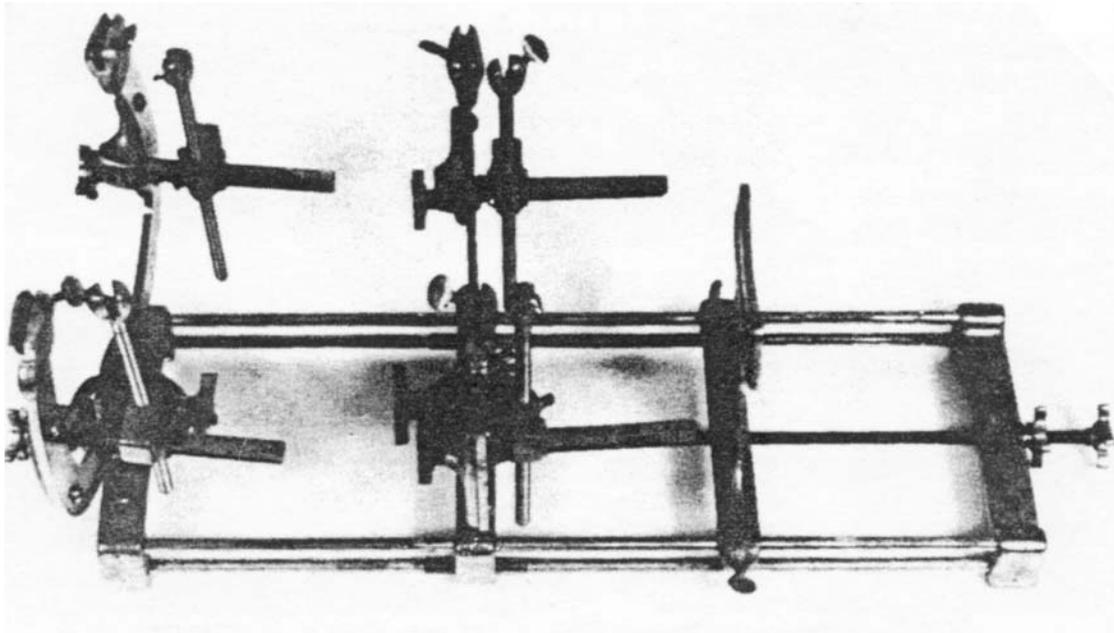


Fig. 6. Aparato utilizado por Anderson, con mecanismo similar al de Allan

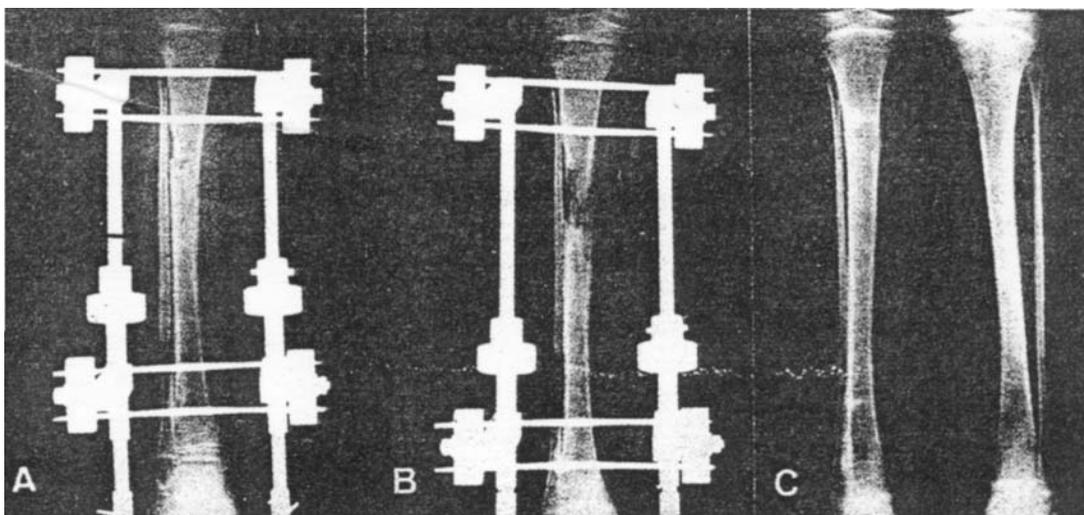


Fig. 7. Radiología alargamiento de tibia por el método de Anderson.
A/ Postoperatorio. B/ Elongación lograda. C/ Remodelación.

Antes de practicar el alargamiento, el paciente debía cumplir una serie de condiciones: niño entre 8 y 12 años, acortamiento previsible de 4 cm, y presencia de debilidad muscular en la pierna, de modo que se pierda poca potencia muscular en el alargamiento.

El aparato de fijación-distracción ósea de Anderson, es un sistema transfixiante, con cuatro clavos de Steinman y con una barra a cada lado del miembro. Estas son roscadas, permitiendo una distracción progresiva y concreta.

Los problemas que planteaba eran: su volumen, el ser transfixiante, no muy estable, obligaba al paciente a estar encamado mientras duraba el proceso de elongación, desviaciones ocasionales de los segmentos óseos y presencia de dolor.

Anderson indicó un alargamiento entre 5 y 7 cm.

En cuanto a las complicaciones cita: a/ el pie equinovalgo (propone evitarlo con manipulaciones pasivas de estiramiento y la colocación de una férula antiequina). En caso necesario practica alargamiento del tendón de Aquiles, vigilando la elongación excesiva que puede provocar mayor incapacidad funcional. El valgo del pie es controlado por la sinostosis tibioperonea, o por la colocación de un tornillo tibioperoneo distal. La colocación de este tornillo ha sido adoptada por: **BAYLEY (1956), COLEMAN (1967), JUDET (1969), MERLE D'AUBIGNE (1971), WAGNER (1971)** . b/ disminución del poder motor de los músculos de la extremidad elongada, que ocurre en más de la mitad de los casos, seguramente por isquemia de los músculos; una vez terminada la elongación, en algunos casos puede haber recuperación motora.

SOFIELD (1958) indicó que la corrección de la disimetría de las piernas no necesariamente da una mejoría de la función.

Con el método de Anderson **COLEMAN (1967)** que recomienda no alargar más de 5 cm, comunica 32 pacientes, con 2 pies equinos, 8 genu

valgum, 4 parálisis transitorias de los nervios ciáticos popliteos, 4 uniones retrasadas, ningún caso de osteomielitis.

KAWAMURA (1968) comunica 74 pacientes con 16 pies equinos, con 11 disminuciones del poder muscular permanentes, 4 parálisis permanentes de los nervios ciático popliteos, 10 uniones retrasadas, ningún caso de osteomielitis.

GROSS (1971) recomienda no alargar más del 10% de la longitud inicial de la tibia (máximo 5 cm). Comunica 26 pacientes, con 2 pies equinos, 1 isquemia de Wolkman, 6 uniones retrasadas, ninguna parálisis.

COLEMAN (1978), en 73 alargamientos de tibia, habla de un 81% de complicaciones.

Un estudio de **BOST (1956)** comparó la consolidación entre la osteotomía en Z y la transversal, demostrando que no había diferencias.

En su técnica introdujo el concepto del deslizamiento de la parte inferior del periostio. Utilizó un aparato muy parecido al de Abbott, con unos muelles de tensión a cada lado. El problema del alineamiento de los fragmentos durante el alargamiento lo solucionó con un clavo intramedular. Era necesaria una segunda intervención para aportar injerto óseo. Con su técnica de alargamiento de fémur, notificó un caso de parálisis inmediata del ciático popliteo externo y siete casos de parálisis tardía.

RING (1958) publica por primera vez la distracción fisaria como método de alargamiento de una extremidad . Se trata de un trabajo experimental realizado en fémures de perros. Empleando tensores externos conseguía separar la metáfisis de la fisis. No es necesario en este procedimiento practicar una osteotomía. Posteriormente se han publicado numerosos trabajos experimentales de distracción fisaria (**JOHNSON (1960)**, **ILIZAROV (1970)**, **JANI (1973)** y **(1975)**, **FISHBANE (1976)** y **(1978)**, **SLEDGE (1978)**, **HOUGHTON (1980)**, **FISHBANE (1980)**, **MONTICELLI (1981)**, **PELTONEN (1984)**, **DE**

**PABLOS (1986), CONNOLLY (1986), VAN ROERMUND (1987),
TERCEDOR (1988)).**

Dentro de los métodos de elongación ósea extemporánea, en los que el alargamiento óseo se consigue en el mismo acto operatorio, destaca el de **LE COEUR (1962) y (1963)**. Consiste, a nivel tibial, en practicar una larga osteotomía oblicua, con distracción de los fragmentos, mediante un tensor roscado externo bilateral. Una vez conseguida la elongación, se practica una fijación interna de los dos fragmentos mediante varios pernos. Ya fijado, se retira el tensor roscado externo (Fig. 8). Como inconvenientes tiene que se trata de una intervención muy cruenta, con gran brusquedad de distracción, llevando esto a un elevado riesgo de graves lesiones en partes blandas (Fig 9).

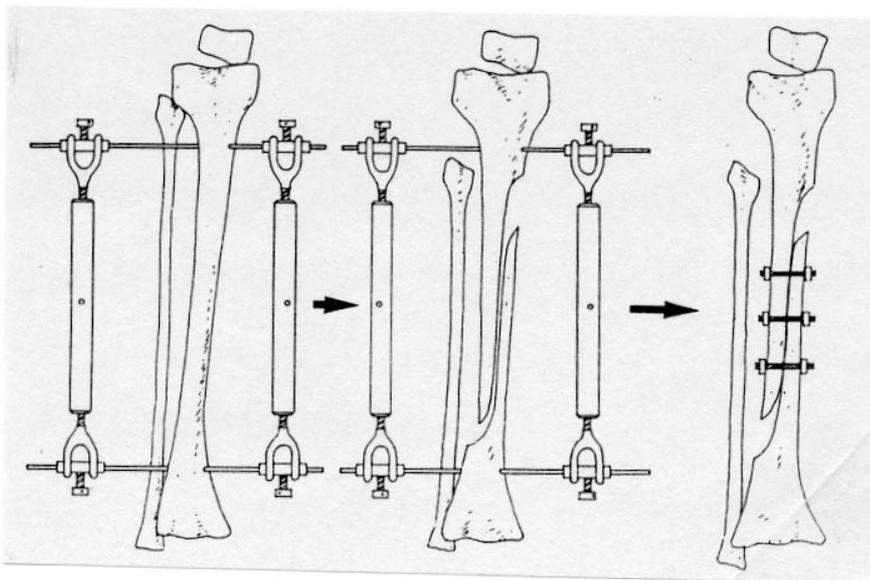


Fig. 8. Esquema intervención de Pol Le Coeur.

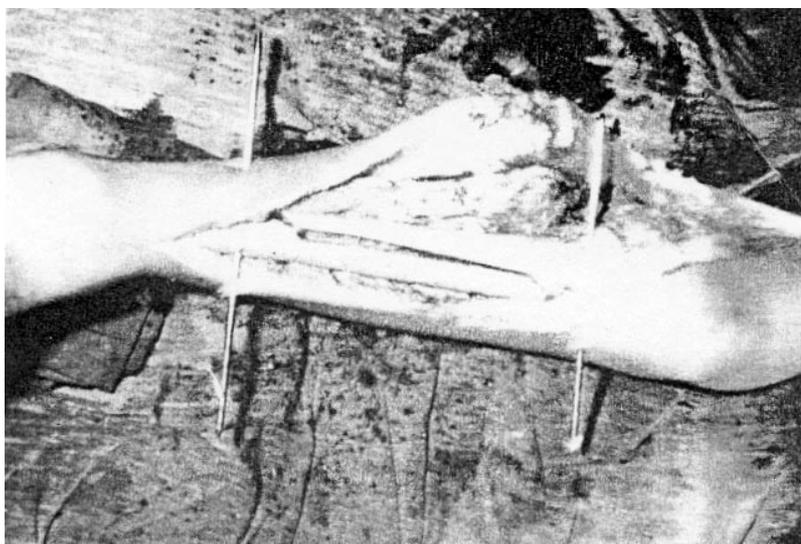


Fig. 9. La intervención de Pol Le Coeur es muy cruenta.

Otra técnica de alargamiento extemporáneo, en este caso para el fémur, es la de **CAUCHOIX (1963)**. Se practicaba una osteotomía en Z en el plano frontal y se aplicaba una tracción transesquelética de los fragmentos del fémur pasando, una vez conseguida la elongación deseada, a colocar una placa de osteosíntesis para mantener la longitud conseguida y lograr la consolidación. Se mantenía la rodilla con una flexión de 50° para proteger el nervio ciático y los vasos femorales. Sobre esta técnica están los trabajos de **CAUCHOIX (1972)**, **DURIEZ (1972)** y **MOREL (1983)** que publica una revisión sobre 138 alargamientos, con un alargamiento medio de 5,5 cm, en adolescentes entre 11 y 15 años. Como complicaciones destaca 13 fracturas de fémur; sólo existe un caso de parálisis definitiva del nervio popliteo externo. **MORELL (1986)** simplifica la técnica.

ALLIOUX (1988) publica 25 casos de alargamiento extemporáneo de fémur, difiriendo de la técnica de Cauchoix en el trazado de la osteotomía, en el sistema de distracción (fijador de Wagner) y en el tratamiento con tenotomías y aponeurectomía; además, como

osteosíntesis coloca una placa. Indica como complicaciones 3 pseudoartrosis, una fractura tardía y 2 déficits de extensión de la rodilla.

WESTIN (1967) también usó el deslizamiento perióstico, pero ideando un manguito perióstico para cubrir el hueco del hueso. Utilizó otras técnicas de alargamiento.

KAWAMURA (1968) hizo un magnífico estudio de los efectos biológicos del alargamiento de extremidades, particularmente del flujo sanguíneo y de los efectos del alargamiento de la musculatura. En el alargamiento de tibia tenían dispositivos de tracción sólidos, que no obligaban a permanecer encamados a los pacientes. El alargamiento no se practicaba a diario, sino que lo hacían en 3 a 5 sesiones bajo anestesia general. Kawamura y colaboradores tienen efectuados en el perro estudios histológicos, histoquímicos y microarteriales.

Una nueva técnica con un nuevo fijador es publicada por **JUDET (1969)** (Fig. 10). La técnica quirúrgica consta de cuatro tiempos en un

mismo acto quirúrgico. Se realiza con isquemia por un manguito neumático. El primer tiempo es el peroneo inferior con la colocación de un tornillo oblicuo peroneo-tibial y la resección por pinza gubia de peroné, 2 cm por encima del tornillo. El segundo es el peroneo superior, por el que se resecan 0,5 cm del 1/3 proximal de peroné. El tercero es el tiempo tibial, donde se practica la osteotomía oblicua de tibia amplia, en un 68% con osteotomo, un 30% con sierra oscilante y un 2% con sierra de Gigli, con una longitud promedio de 10,5 cm. Finalmente, en cuarto lugar, se coloca el distractor, en un plano sagital (Fig. 11). Según la longitud de la tibia se colocan de tres a cuatro clavos en cada fragmento, siendo la primera vez que se indica este número en un fijador monolateral. En el mismo acto operatorio se realiza un alargamiento de 2 a 3 cm.

Terminada la intervención se coloca un yeso cruropédico con la rodilla en extensión y el pie en posición neutra. Al día siguiente el yeso se abre en dos valvas. El ritmo de alargamiento es de 1,5 cm por día. Cada día la cadera, la rodilla y el tobillo son movilizados y la marcha sin

apoyo es autorizada. Se practica una exploración radiológica cada semana. Al terminar el alargamiento se coloca un yeso y se autoriza el apoyo. Al 6º mes se retira el distractor y el tornillo peroneotibial, pero la tibia todavía se protege con un aparataje plástico hasta los 12 meses.

En la literatura francesa hay publicadas series importantes con el método de Judet. Así, está **RIGAULT (1981)** con 28 casos y **POULIQUEN (1984)** con 108 casos. Como complicaciones mas frecuentes tenemos: la desviación tibial, un 35% en Rigault y un 24% en Pouliquen, mientras la presencia de un pie equino es el 42% y el 70% respectivamente.

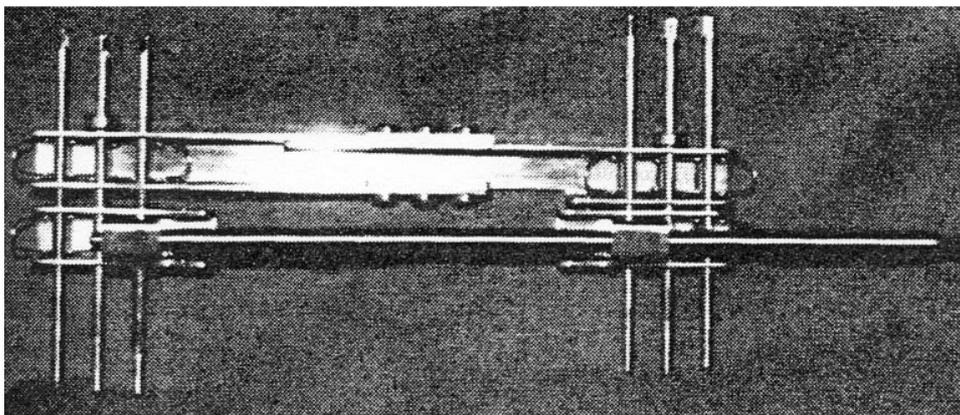


Fig. 10. Aparato de Judet.

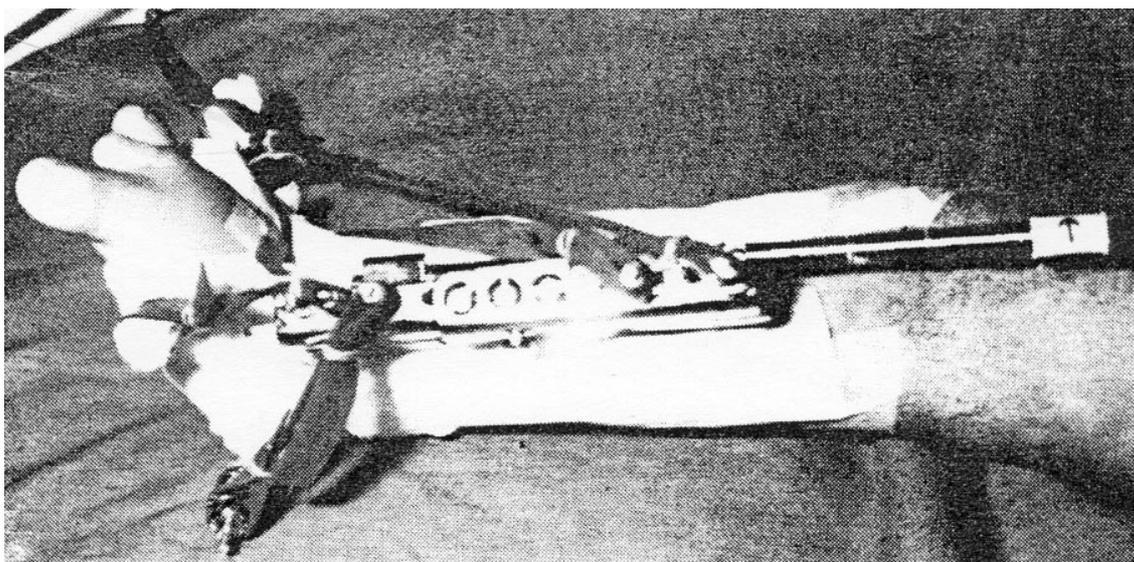


Fig. 11. Aparato de Judet colocado en una tibia, con un dispositivo para controlar las deformidades del pie.

MERLE D'AUBIGNE (1971) recomienda una modificación en la técnica de Anderson para el alargamiento tibial en adolescentes y adultos, puesto que en este grupo de edad se daban con frecuencia trastornos en la unión ósea. Utilizaba el método de decorticación en dos etapas. Comunicaron una serie pequeña con 3 casos con un alargamiento entre 5 y 6 cm, sin complicaciones.

Un método de corrección de las disimetrías, mediante una intervención de acortamiento del fémur largo y alargamiento extemporáneo del fémur corto a la vez, fue publicado por **MERLE D'AUBIGNE (1971)**. Su indicación estaba en adolescentes cerca del fin de su crecimiento y en adultos jóvenes, con disimetrías de más de 10 cm, con un acortamiento primario de fémur. Notificaron 13 pacientes con una desigualdad preoperatoria de 14,6 cm de promedio, consiguiéndose como mayor corrección 9 cm en 5 casos.

La era de la movilidad del paciente intervenido de alargamiento, fue introducida, por **WAGNER (1971)**, con toda su metodología.

En contraposición con **PUTTI (1931)**, considera que el enmascarar las disimetrías por parte del paciente con la colocación del pie en equino, la pelvis ladeada, la flexión de la articulación de la cadera y de la rodilla hacia la extremidad opuesta, perjudican a largo plazo al paciente y en particular a los discos intervertebrales (Fig. 12 y 13).

Indica que el desarrollo de la osteosíntesis efectiva, ha resuelto satisfactoriamente el problema tanto del alargamiento como del acortamiento quirúrgico, solucionando en la mayoría de los casos las disimetrías, ya sea de un modo total o casi completo.

Considera que, con su metodología, los sistemas antiguos que empleaban una distracción forzada que dañaba frecuentemente los tejidos blandos, vasculares y nerviosos, han quedado desfasados. Su método ofrecía una ventaja añadida: No requerir reposo en cama.

El fijador utilizado era monolateral, sujeto al hueso mediante unos tornillos denominados de Schanz (Fig. 14). Estos tornillos se colocaban dos por encima de la osteotomía y dos por debajo. Este fijador consta de un cuerpo telescópico de forma triangular que puede ser comprimido o distraído longitudinalmente, girando un dispositivo que hay en uno de sus extremos, ya sea contra o a favor de las agujas del reloj. Los tornillos de Schanz quedan sujetos con firmeza a los lados del cuerpo del fijador mediante unas mordazas: una queda fija en el cuerpo mientras la otra se desliza por el cuerpo a nuestra voluntad para conseguir la longitud deseada.



Fig. 12. Compensación de la disimetría con equinismo.

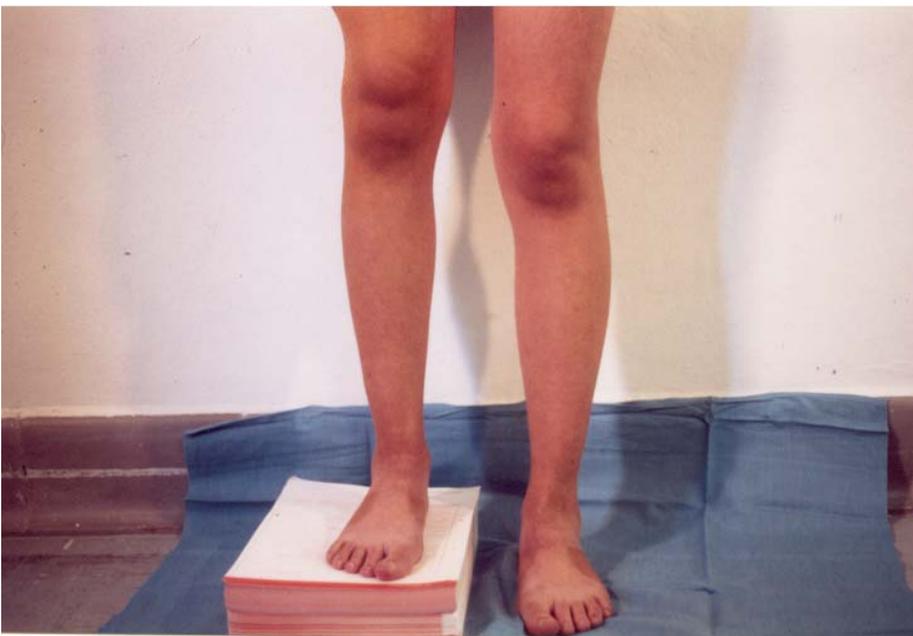


Fig. 13. Compensación de la disimetría con alza.

La técnica quirúrgica a nivel de la tibia y peroné consistía en los siguientes pasos: a/ Colocación de dos tornillos corticales, uniendo la parte distal del peroné con la tibia, para evitar la migración proximal del maleolo peroneal durante la elongación; el peroné se secciona proximalmente a los tornillos. b/ Colocación de dos pares de tornillos de Schanz, paralelamente al eje de la articulación de la rodilla, en la metafisis tibial proximal y en la distal. c/ Se practica una osteotomía transversa de tibia con sección del periostio, en el punto medio entre los dos pares de tornillos (Fig. 15). d/ Colocación medial del fijador externo. e/ En caso de tenerse programado un alargamiento importante, se practica un alargamiento de Aquiles con el fijador colocado in situ, para de este modo evitar el equinismo del pie.

El ritmo de elongación es de 1,5 mm por día o de 1 cm por semana. Una vez conseguido el alargamiento deseado, la radiología indicará si hay suficiente callo para colocar una placa estabilizadora, o bien hay que aportar injerto óseo esponjoso procedente de cresta ilíaca (Fig. 16).

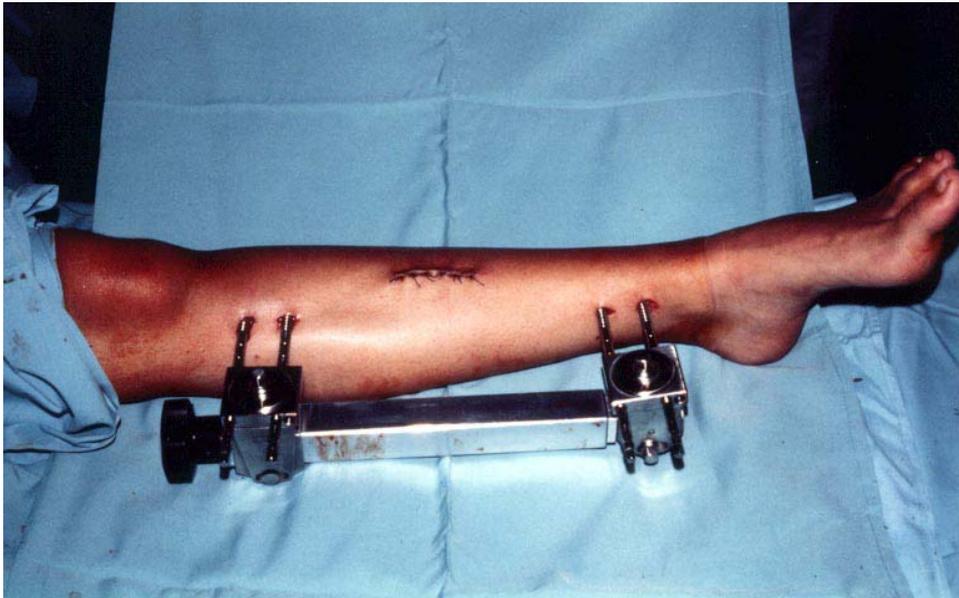


Fig. 14. Fijador externo monolateral de Wagner

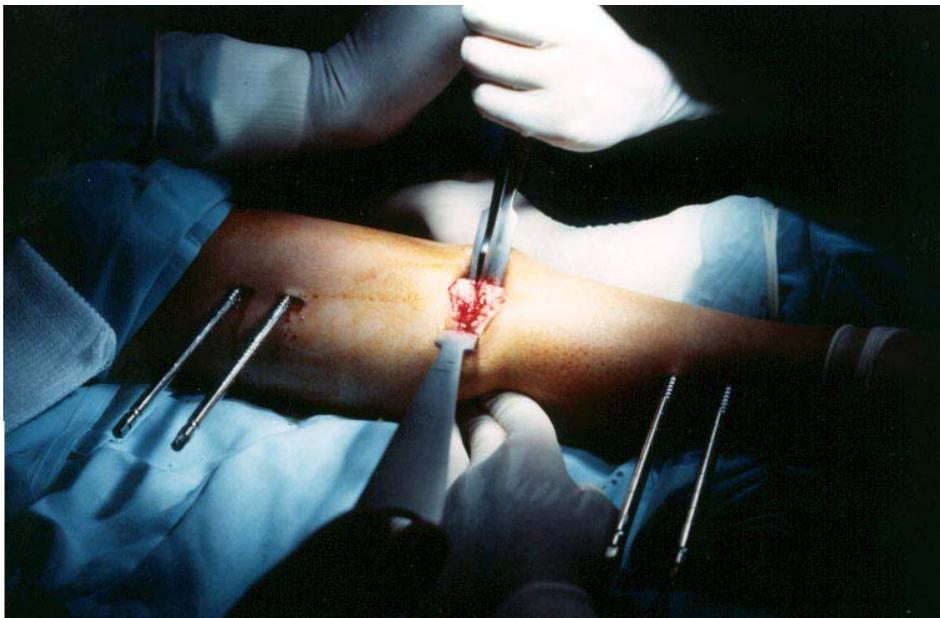


Fig. 15. Osteotomía transversa de tibia.

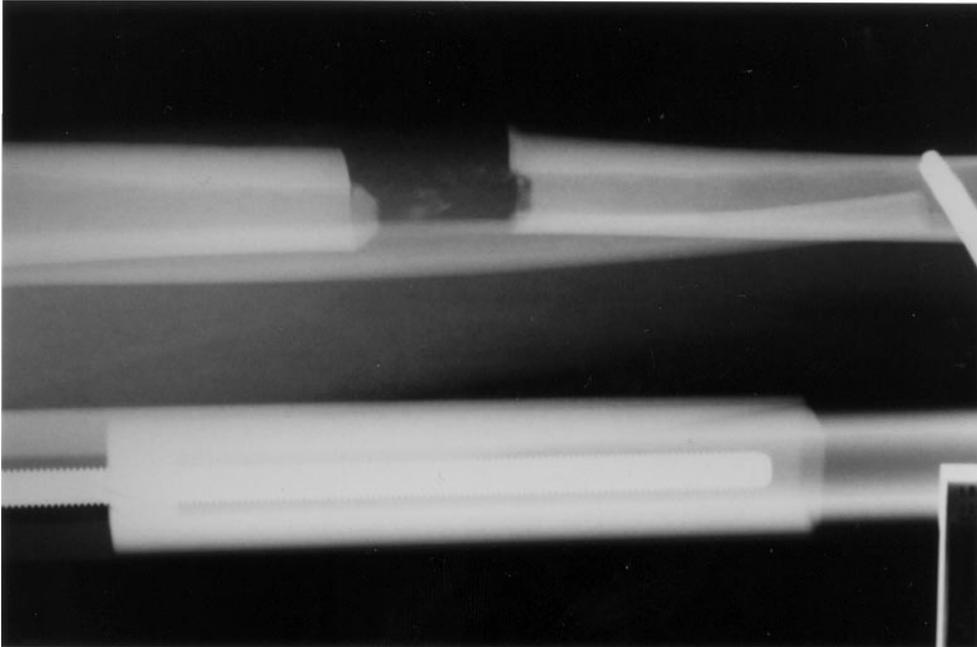


Fig. 16. Aspecto radiológico con callo insuficiente, indicación de injerto.

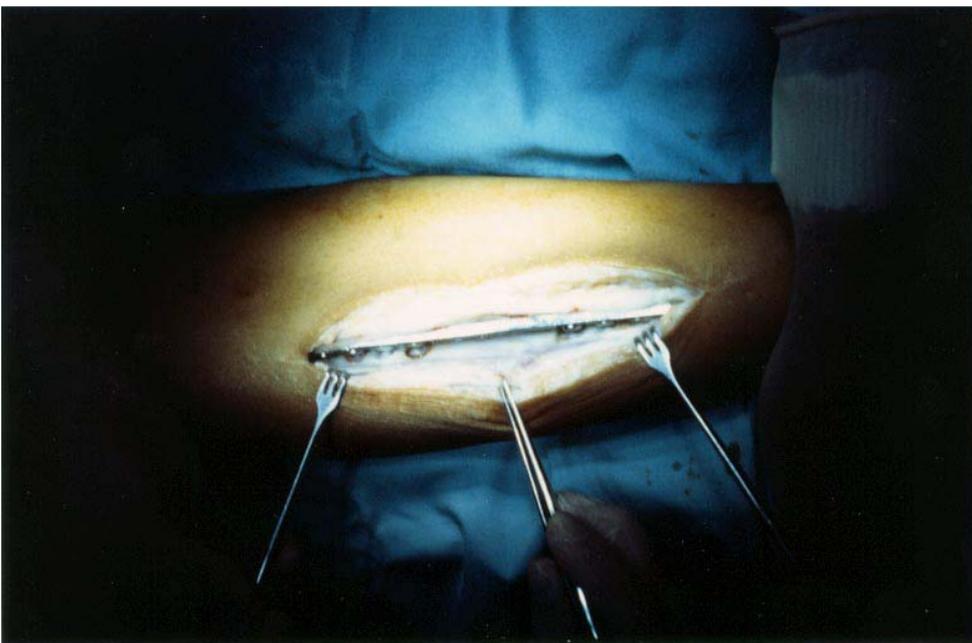


Fig. 17. Detalle quirúrgico de la colocación del material de osteosíntesis.

Pero se volvió prácticamente una rutina el colocar placa e injertos óseos (**WAGNER (1977)**, **WAGNER (1980)**) (Fig. 17). Autores como **BEGUIRISTAIN (1979)**, indican colocar en caso necesario un segundo aporte óseo: así sucede en 8 casos de 25 elongaciones.

La carga de la extremidad intervenida no se autoriza hasta que radiológicamente no se aprecie una consolidación que permita primero una carga parcial con muletas y después ya totalmente.

La técnica quirúrgica en el fémur es similar, sin tener que efectuar el paso a/. En el acto quirúrgico se efectúa una elongación entre 5 y 6 mm. Ocasionalmente es necesario elongar los flexores de rodilla o realizar una tenotomía de aductores.

Con esta técnica decreció el número de complicaciones; pero aún así éstas eran altas tanto a nivel óseo como de partes blandas. Así lo indica **MOSELEY (1987)**, en una revisión de resultados con el método de Wagner. **WAGNER (1978)** aporta un 45% de complicaciones en

alargamientos de fémur, con un promedio de 6,5 cm de alargamiento. **CATON (1985)** aporta 33 alargamientos con esta técnica y un 30% de complicaciones, con un alargamiento medio de 5,35 cm. **ALDEGHERI (1985)** hace una revisión de 27 alargamientos, con un 26% de complicaciones, con 89 intervenciones para alargar 27 segmentos. **LUKE (1992)**, en una revisión de 27 alargamientos, presenta 10 fracturas secundarias, 6 espontáneas y 4 traumáticas. De éstas, 7 requirieron reducción abierta y osteosíntesis.

Hay numerosos artículos sobre la técnica de Wagner, incidiendo en lo mismo: **CARLIOZ (1980)**, **HOOD (1981)**, **RIGAULT (1980)** y **(1981)**, **ARMOUR (1981)**, **HOOD (1981)**, **HUTTON (1983)**, **BJERKREIM (1983)**, **CATON (1984)**, **MOSCA (1986)**, **CHANDLER (1988)**.

Una de las complicaciones graves que quizás debemos destacar es la subluxación de rodilla, en el curso de un alargamiento de fémur (**JONES (1985)**).

Están publicados casos de alargamientos de extremidades superiores a nivel de húmero (**OLERUD (1983)**, **LAMOUREUX (1986)** y **SCHOPLER (1986)**).

Para aumentar la versatilidad y ampliar sus posibilidades de aplicación, **CAÑADELL (1986 y 1988)**, modificó los componentes del aparato de Wagner (Fig 18). Primero, añadió una pieza en "T" para la distracción fisaria y elongación metafisaria (Fig 19). En segundo lugar, el dispositivo de distracción -compresión para realizar el transporte óseo en el tratamiento de los defectos óseos segmentarios masivos. Con ésta se han conseguido buenos resultados tanto experimentales (**DE PABLOS (1988)**), como clínicos. En tercer lugar, la modificación más importante ha sido la introducción del sistema de dinamización axial, mediante un sistema de rodamientos, adaptado entre el eje y la cubierta de aluminio del aparato, permitiendo movimientos de telescopaje con la carga (dinaminización).

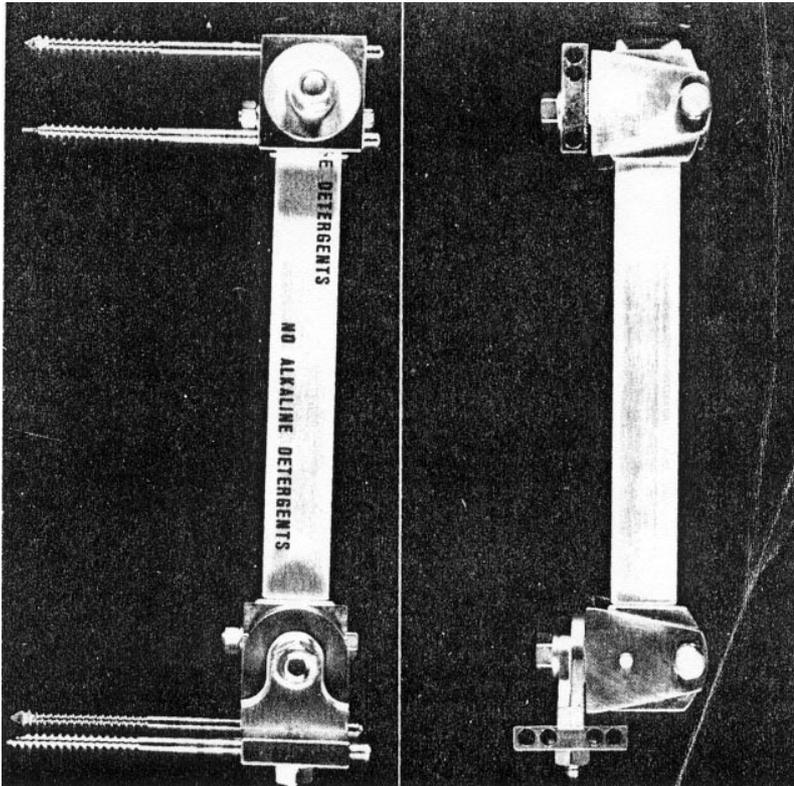


Fig. 18. Aparato de Wagner modificado por Cañadell.

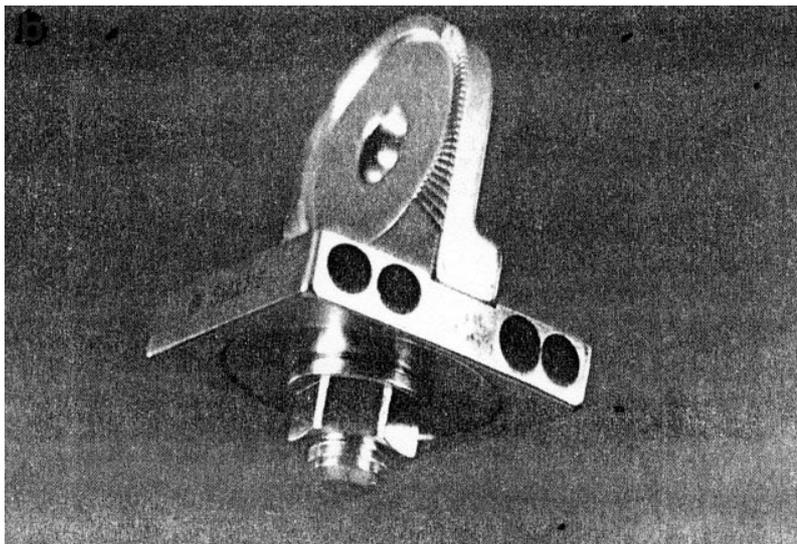


Fig. 19. Pieza en T. Modificación de Cañadell.

Una estadística importante, con el método de Wagner modificado por el autor, es aportada por **VILARRUBIAS (1990)**. Presenta 500 segmentos elongados en el espacio de 15 años. Asimismo muestra la corrección de la lordosis lumbar mediante modificaciones en la técnica.

El método del profesor G.A. ILIZAROV, fué dado a conocer en Occidente en enero de 1981 por el propio profesor, al comunicarlo al XXII Congreso del Club Italiano de AO, **ILIZAROV (1981)** (Fig 20). Indicó su uso para el tratamiento de las fracturas abiertas, osteomielitis postraumática y para el alargamiento óseo. Presentó una experiencia de más de 20 años en el Instituto Kurgan de la URSS.

Su metodología dió un cambio radical en la filosofía del alargamiento de extremidades.

En 1951 desarrolló una fijación externa circular, que iba sujeta al hueso con alambres de transfixión tensados, **ILIZAROV (1952)** (Fig. 21).

Otros autores, como **WITTMOSER (1953)**, habían diseñado un fijador externo circular. Asimismo **KAWAMURA (1968 y 1978)**, había desarrollado unos fijadores de anillas y trabajado en la biología del alargamiento. Estos fijadores eran sólidos, ligeros y permitían al paciente no estar en cama durante el período de elongación.

La filosofía del método se basa en la elasticidad de las agujas de Kirschner, en contraposición con la rigidez de los Steimann de **ANDERSON (1952)**, o de los clavos de Schanz de **WAGNER (1971)**. Estas agujas proporcionan un movimiento milimétrico a nivel del foco de osteotomía, aumentando el potencial osteogénico. El fijador externo es circular y muy estable. Siguiendo el concepto biomecánico de elasticidad y estabilidad a la vez, se puede actuar con este fijador circular en todos los planos de espacio, siendo muy versátil.

Es muy importante conservar la circulación intramedular **ILIZAROV (1983)** y procurar que el trauma a los tejidos blandos sea mínimo al practicar la "corticotomía" (Fig. 22 y 23).

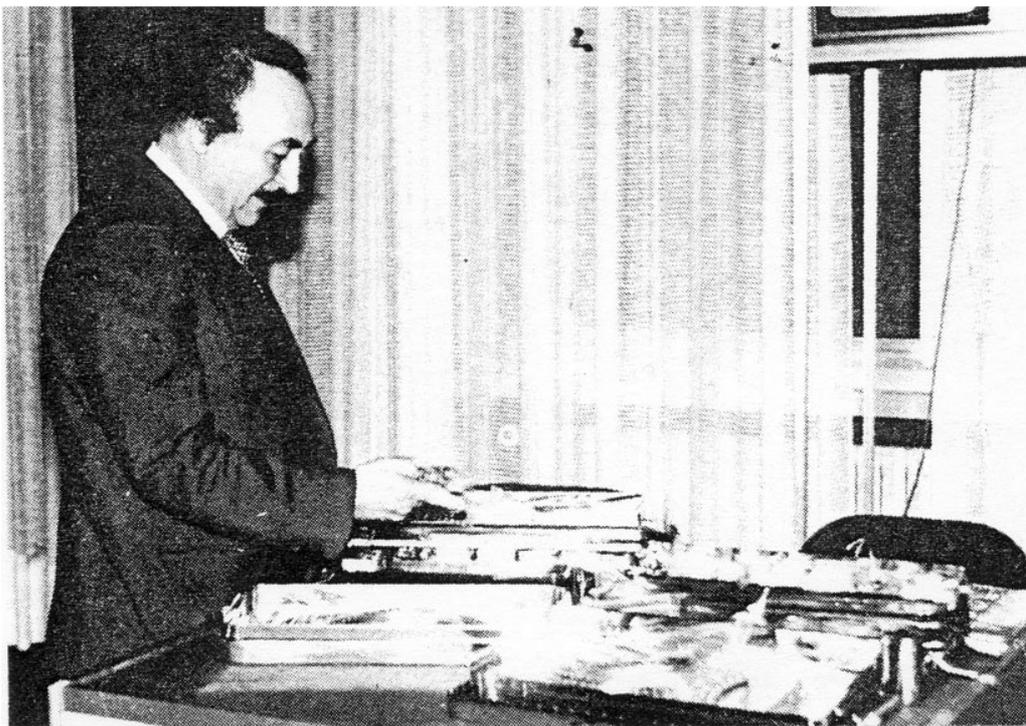


Fig. 20. Profesor G. A. Ilizarov.

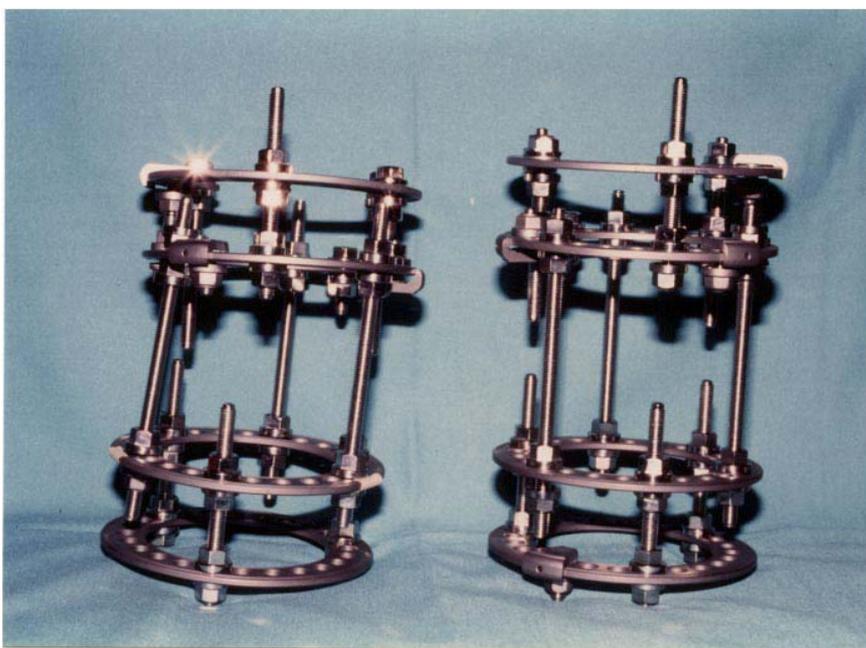


Fig. 21. Fijadores circulares.

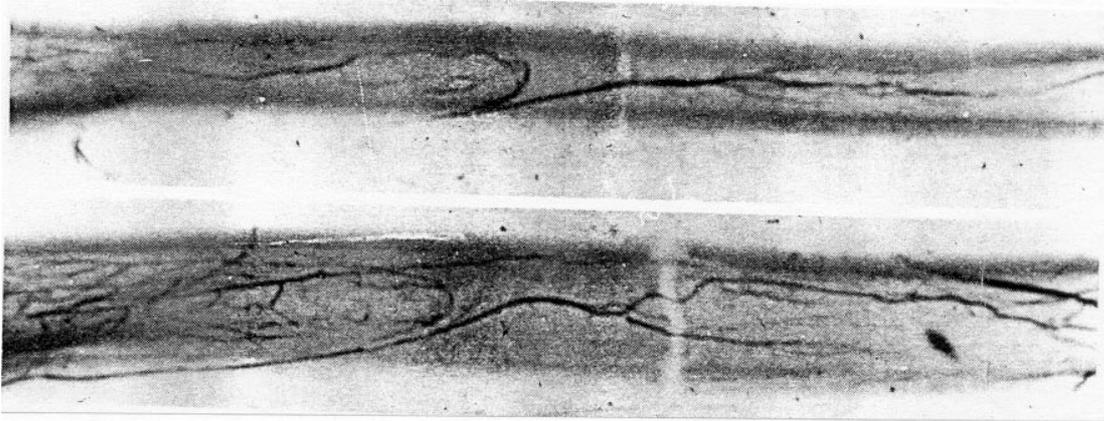


Fig. 22. Conservación de la circulación intramedular.

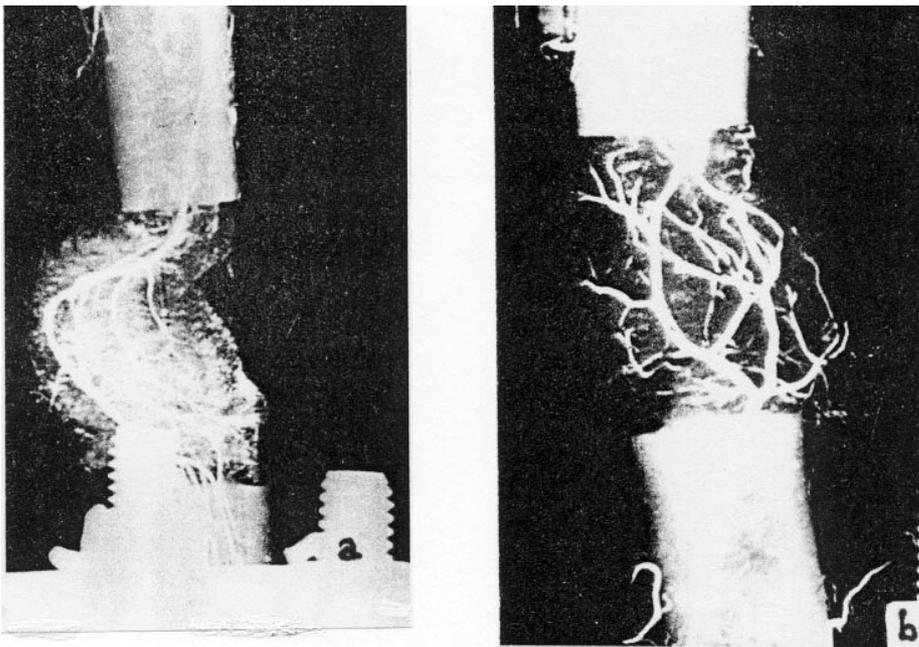


Fig. 23. a/ Angiografía a los 10 días de elongación.

b/ Angiografía a los 21 días de elongación.

La importancia de la corticotomía es discutida por varios autores, pues consideran que la circulación intramedular se restablece rápidamente, incluso estando interrumpida, **PALEY (1988)**.

Los principios biológicos de Ilizarov han enfocado la atención en el comportamiento biológico del hueso y de las partes blandas. Así, **ILIZAROV (PART I 1989)** y **(PART II 1989)**, observa la relación del aporte de sangre y el descubrimiento del efecto Tensión-Stress, que gobierna la respuesta de los tejidos durante el alargamiento: los tejidos vivos sometidos a una tracción lenta y continua, son metabólicamente activados a la vez la biosíntesis y los cursos proliferativos, fenómenos dependientes de la vascularización y del uso funcional. Estos dos principios, cuando se aplican en combinación con una fijación externa circular y una cirugía bien planificada, permiten el alargamiento del miembro, **ILIZAROV (1990)**.

La aplicación clínica del principio de Tensión-Stress, así como los resultados clínicos, estudios biológicos y consideraciones técnicas están en los trabajos **ILIZAROV (1954), (1969), (1972)** y **(1986)**.

Los principios biológicos y clínicos mas importantes para la formación de hueso nuevo en la zona de distracción, son los siguientes:

- 1/ máxima preservación de la médula ósea, llevando a cabo una corticotomía percutánea (osteoclasia), en lugar de una osteotomía transversa a cielo abierto (Fig. 24). Esta técnica de corticotomía percutánea también fue popularizada por **MONTICELLI (1983)**, pero debemos recordar que la osteotomía percutánea ya fue utilizada por **ANDERSON(1952)** y por **KAWAMURA (1966 y 1968)**.
- 2/ Fijación esquelética externa estable, para eliminar el movimiento no deseable de la osteotomía, pero con propiedades mecánicas que permitan un micromovimiento en paralelo al eje del hueso.
- 3/ Un período de latencia después de la intervención de 5 a 7 días, antes de iniciar la elongación.
- 4/ Un porcentaje de tracción de 1 mm por día, modificable según las características de la formación ósea en el hueco de distracción.
- 5/ Frecuencia de 0,25 mm cada 6 horas, en lugar de una sola vez al día.
- 6/ Un período de fijación neutra después de la elongación que dura normalmente tanto tiempo como el periodo de elongación.
- 7/ Un uso fisiológico del miembro alargado que proporciona una rápida osificación

del hueso nuevo (Fig. 25 y 26). El fijador debe ser cómodo para el paciente y permitirle el movimiento articular, **ILIZAROV (1990)** (Fig 27).

Una inadecuada estabilidad del fijador, no solo reducirá la formación de hueso, sino que también causará dolor al paciente e incrementará la posibilidad de infección de los alambres, **ILIZAROV (1990)**.

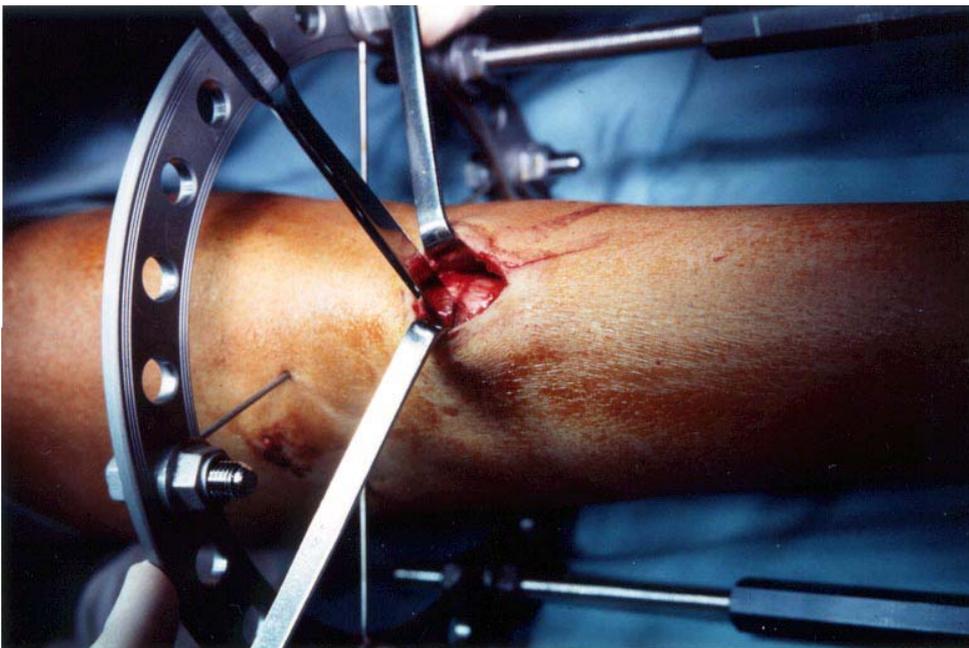


Fig. 24. Corticotomía de tibia por mínima incisión.

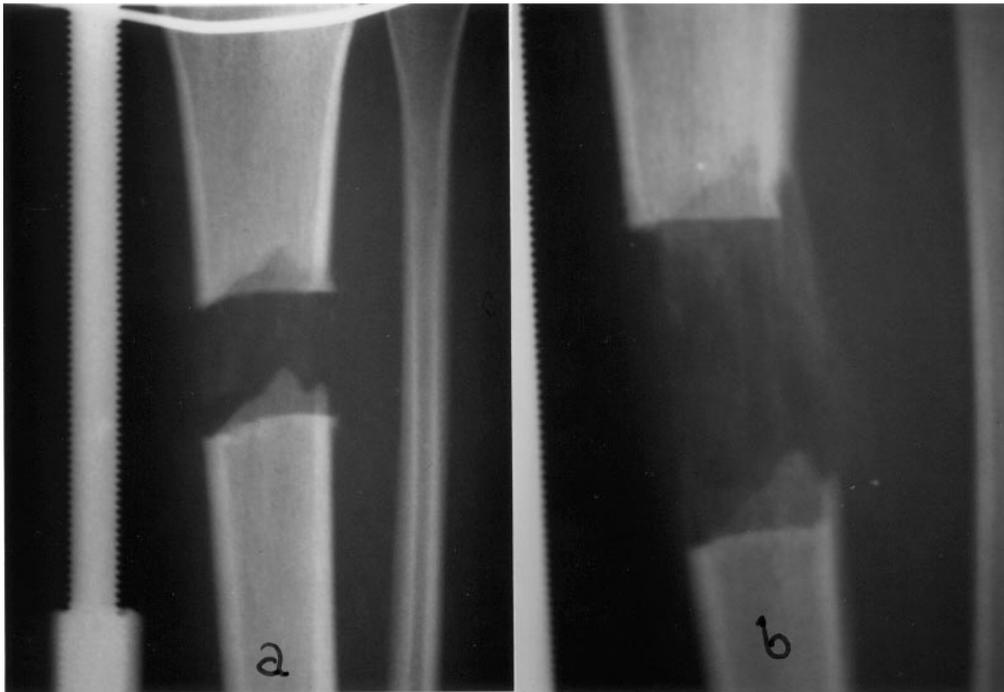


Fig. 25. Formación ósea: a/Periodo elongación.b/Fin de la elongación.

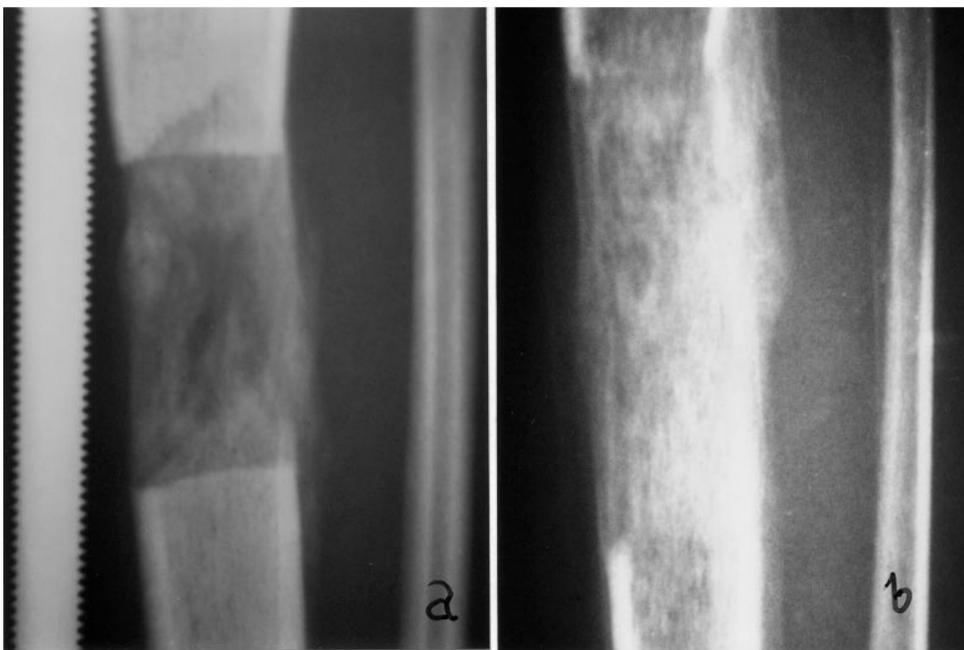


Fig. 26. Formación ósea: a/ Periodo de neutralización. b/ Consolidación

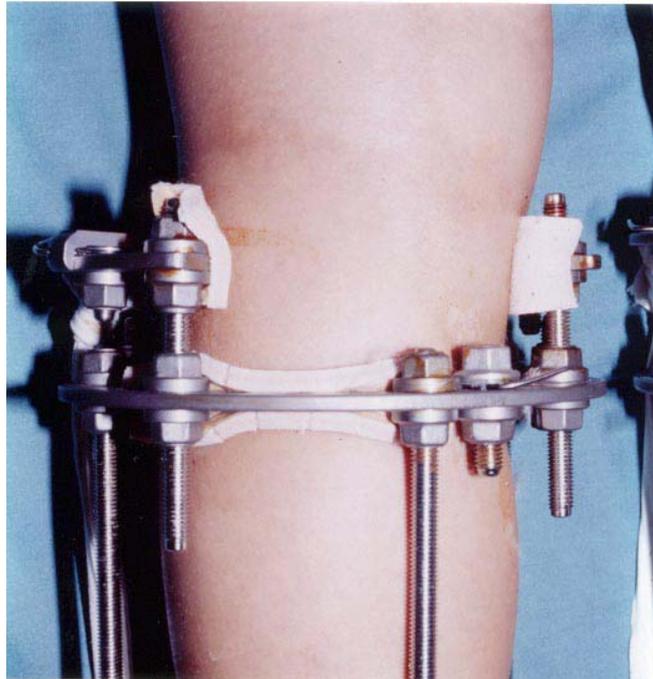


Fig. 27. Anillo proximal abierto. Permite la flexión de la rodilla.

El alargamiento bilateral de extremidades queda abierto con esta metodología (Fig 28 y 29). Las incisiones amplias para la colocación de placas de osteosíntesis en el método de Wagner frenaban el tratamiento de la talla corta. Así, las estadísticas del Instituto Kurgan hablan de más de 400 acondroplásicos e hipocondropasias tratadas, **ILIZAROV (1990)**. **CORRELL (1991)** refiere 26 pacientes, a los que se ha practicado un alargamiento bilateral de tibia y peroné, colocando un fijador circular.

Esta metodología ha sido utilizada para practicar alargamientos de miembros superiores. Así **CATTANEO (1990)** publica 43 alargamientos de húmero realizados con la técnica de Ilizarov, con un alargamiento entre 5 y 16 cm, con un promedio de 9 cm.

DAL MONTE (1987) lo utiliza en 13 casos de hipoplasia congenita de la pierna. **CATAGNI (1991)** en 61 casos de hemimelia de peroné lo ha aplicado corrigiendo gradualmente la deformidad y alargando como describe **ILIZAROV (1975)**. Estos casos han sido evidentemente una alternativa a la amputación tipo Syme, como indicaban **WOOD (1965)**, **MAZET (1968)**, **WESTIN (1976)**, **HERRING (1986)**. Ha sido utilizado en el miembro superior hipoplásico: **VILA (1990)** en antebrazo y **TETSWORTH (1991)** en húmero y antebrazo. En el fémur corto congénito por **GRILL (1991)**.

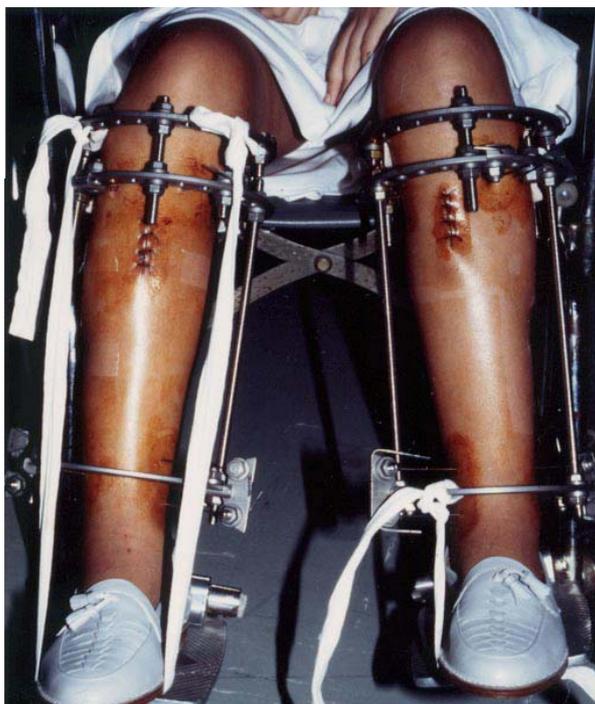


Fig. 28. Alargamiento bilateral de tibia y peroné.



Fig. 29. Deambulaci3n con muletas.

El postoperatorio es importante para el éxito del alargamiento con fijadores circulares **GREEN (1991)**. Se requiere un control periódico para evitar complicaciones.

Para prevenir el acortamiento de Aquiles durante el alargamiento de tibia, se puede añadir al montaje un medio aro a nivel del calcáneo y otro a nivel metatarsal (**LEHMAN (1991)**). El distractor de Ilizarov lo utilizó **GRILL (1987)** para el tratamiento de pies equinovaros complejos.

Existe un trabajo interesante sobre la regeneración ósea en los alargamientos según la técnica de Ilizarov (**LASCOMBES (1991)**). En 10 pacientes con una edad media de 13,5 años, se llevan a cabo una serie de 11 biopsias, llegando a la conclusión de que las trabéculas óseas se forman a partir de la 3ª semana y podrán llegar a sólidas si no se pasa de 1 mm por día de alargamiento, siendo lo aconsejable en un adolescente entre 0,7 y 0,8 mm por día. Los criterios más importantes de regeneración ósea se adquieren a partir del 4º mes, por lo que se

considera peligroso para la consolidación ósea modificar, en este momento, el montaje, el eje y la longitud del hueso.

Esta técnica también se ha aplicado en casos de fractura abierta con pérdida de sustancia, para practicar el transporte óseo y conseguir su consolidación. Así, **TUCKER (1990)** lo utiliza para corregir pérdidas óseas tibiales. Hay que reconocer que Ilizarov, ha sido el pionero en el concepto de compresión-distracción para realizar el transporte óseo en el tratamiento de defectos óseos segmentarios masivos, **ILIZAROV (1971)**. **SCHWARTSMAN (1990)** aprovecha la elasticidad del sistema para estimular la formación del callo en las no uniones de tibia, en 14 casos. **ALONSO (1990)** utiliza la filosofía de Ilizarov con un fijador tubular denominado "AO/ASIF", para el tratamiento de defectos segmentarios.

En base a los trabajos clínicos de **ZAVIJALOV (1967)** y **(1968)**. También se ha efectuado distracción fisaria con el fijador circular (**ILIZAROV (1969 y 1976)**). Tiene como ventaja el que se realiza en un solo tiempo quirúrgico, no precisa corticotomía, consolida sin material

de osteosíntesis ni aporte de injerto óseo y no deja muchas secuelas estéticas, dada la ausencia de incisiones cutáneas. En contrapartida, como inconvenientes tenemos las rigideces articulares y la posibilidad de una artritis séptica, dada la proximidad de los alambres a la articulación, sobre todo en la epifisis distal del fémur.

La distracción fisaria ha sido seguida por numerosos autores. Así citaremos a: **EYDELSHTEIN (1973), JANI (1975), FISCHENKO (1976), WEVDENSKOGO (1974), HÄHNEL (1977), MONTICELLI (1981), BENSAHEL (1983), BERCHICHE (1983), RICCIARDI (1984), FRANKE (1990)**. Ha sido utilizada por **CAÑADELL (1985)** para la ruptura de puentes oseos y siguiendo la distracción, corregir el acortamiento; utiliza como fijador el de Wagner modificado por él. Para esto se basó en los trabajos que usan la distracción fisaria para corregir las angulaciones, **CONNOLLY (1979) y (1982), RAY (1980) y PELTONEN (1984)**.

Existe un trabajo experimental en conejos de **KERSHAW (1993)**, sobre la ruptura de puentes óseos por distracción fisaria, remarcando el

peligro de cierre prematuro de la fisis.

En cuanto a las indicaciones de la corticotomía o la distracción epifisaria, para **FRANKE (1990)** es la edad la que condiciona. La distracción epifisaria debe estar reservada a niños a partir de los doce años hasta el final del crecimiento, mientras que la corticotomía puede practicarse desde los cinco a los treinta años, pero en ambos casos deben tomarse todas las medidas pertinentes para evitar las complicaciones. El cierre prematuro del cartílago de crecimiento es el gran peligro de la distracción epifisaria, **PALEY (1988)**.

En Italia es donde se introdujo con más ímpetu el sistema de Ilizarov, pero ello les llevó a tener gran número de problemas ortopédicos. Durante el curso de su experiencia clínica, desarrollaron estrategias alternativas para estabilizar los fragmentos óseos, **BIANCHI-MAIOCCHI (1983)**. Estos cambios en la técnica dieron lugar a la denominada por **PALEY (1990)**, **técnica Lombarda**. Utilizaban medios

clavos de Hoffmann en el tercio proximal del fémur unidos a anillos abiertos, aumentaron el número de anillos y colocaron una palanca protectora del periostio para no lesionar a los tejidos con el extremo del osteótomo.

Sobre este sistema de Ilizarov, se han introducido diferentes modificaciones por distintos grupos **MONTICELLI (1981)** y **(1983)** en Italia. **HARDY (1989)** y **(1991)** en Brive Francia, desarrolla el fijador Sequoia (Fig. 30). **GREEN (1991)** , en el Rancho de Los Amigos Medical Center, desarrolla la técnica Rancho, con la utilización de los clavos Rancho de titanio (Fig. 31).

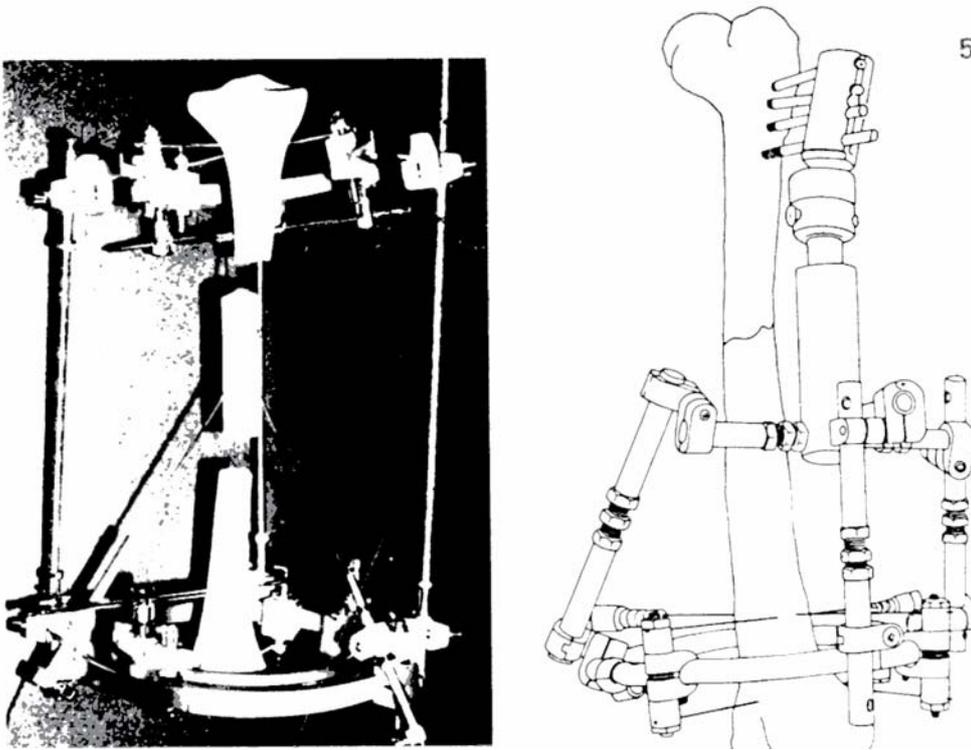


Fig. 30. a/ Fijador Spinelli-Monticelli. b/ Fijador Sequoia.

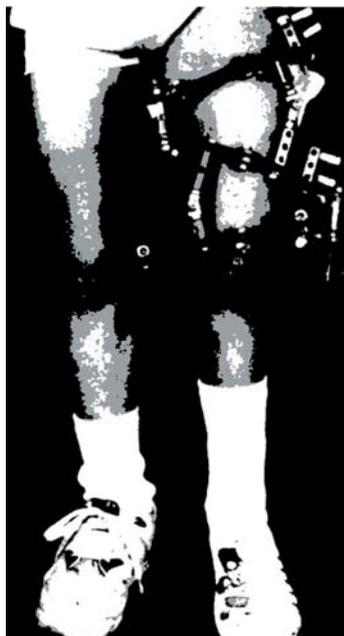


Fig. 31. Técnica Rancho.

La aparición de una nueva filosofía se da a mediados del ochenta. Se trata de la "**callotasis**". Ésta es dada a conocer en Verona por **DE BASTIANI (1987)**. El estiramiento del callo óseo es lo que se ha denominado callotasis. Se trata de una técnica que consiste en un alargamiento metafisario que estimula la formación ósea mediante la distracción de una estructura muy osteogénica, el callo perióstico.

La técnica quirúrgica consta de: a/ Colocación de un fijador externo monolateral con 4 tornillos autorroscantes cónicos, que crean su propia rosca al atornillarse. La estabilidad de este montaje es máxima **CHAO (1985)**. b/ Mínima incisión para exponer el periostio: se practica una incisión longitudinal en el periostio y se practica una desperiostización sin lesionarlo. c/ Corticotomía subperióstica, con perforaciones previas a la sección ósea con el osteótomo, dañando lo mínimo posible el canal medular y conservando íntegro el periostio posterior (Fig. 32) . Se practica la corticotomía metafisaria 1 cm por debajo del último tornillo proximal (Fig. 33).

Se recomienda esperar 10 a 15 días después de la intervención quirúrgica para iniciar la elongación, con Rx previa para confirmar la separación de la corticotomía y la aparición de callo (Fig 34 a). Esta espera es muy importante, pues permite que las partes blandas se curen, asegurando que no haya ningún vacío entre los segmentos óseos donde hay una gran actividad osteoblástica **ALHO (1982)**. La elongación es de 0,25 mm cada 6 horas. Esta velocidad permite una estimulación de la osteogénesis y que no se produzca prácticamente una separación del callo óseo, según las tesis de **ILIZAROV (1969)** y **PESCH (1974)** (fig. 34b y 35). En los casos de osificación irregular o retardada, el uso correcto de la distracción-compresión siempre reactiva la osteogénesis. Cuando se ha conseguido la elongación deseada, se entra en el período de neutralización del fijador. Una vez radiológicamente la zona de distracción se opacifica (opacificación cortical), se desbloquea el fijador soltando la tuerca de bloqueo, lo que permitirá movimientos axiales de 1 a 2 mm a lo largo del cuerpo telescópico, generados por la carga del paciente.

Cuando existe la consolidación clínica y radiológica, se procede a retirar ambulatoriamente el fijador, dejando colocados los tornillos una semana para comprobar la solidez de la consolidación pues, en caso contrario, se puede volver a colocar el fijador durante otro período de tiempo.

Se permite la carga del paciente desde el inicio, aunque ésta sea parcial al principio, para pasar a total al comenzar la dinamización.



Fig. 32. Perforaciones previas a la corticotomía.

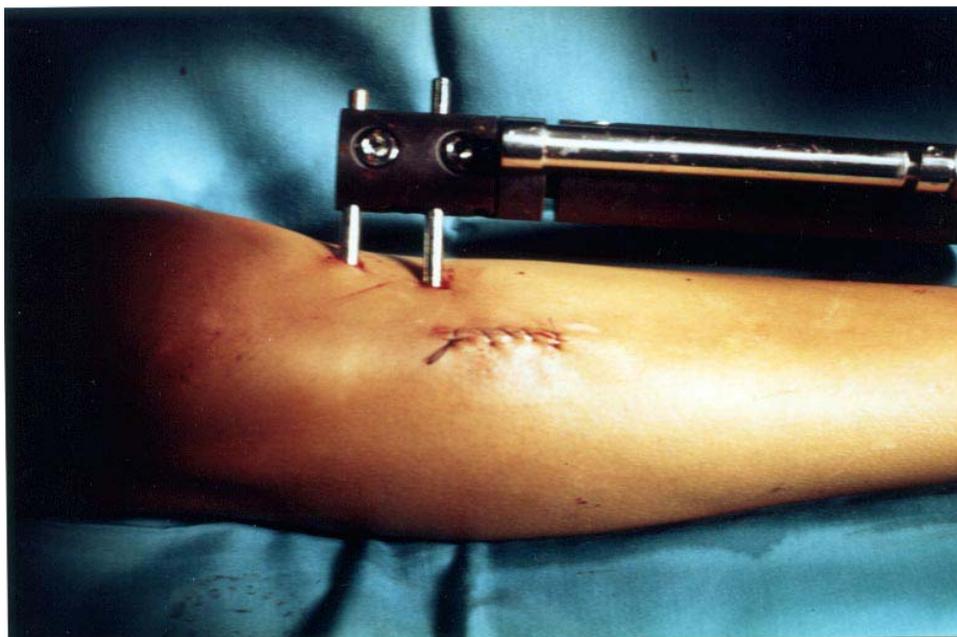


Fig. 33. Postoperatorio inmediato.

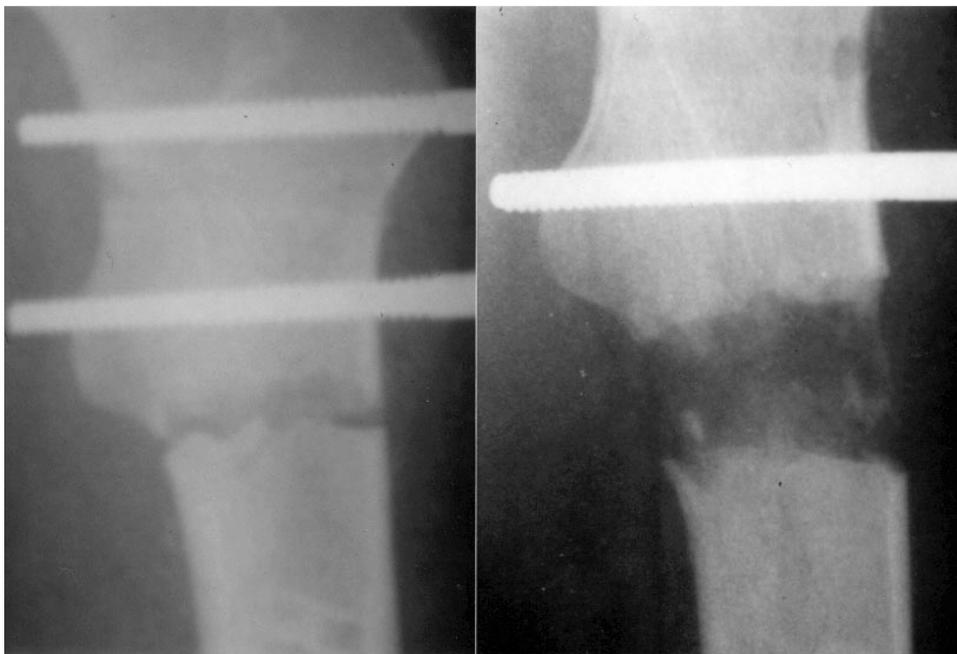


Fig. 34. a/ Rx 15 días de espera. b/ Rx periodo de elongación.

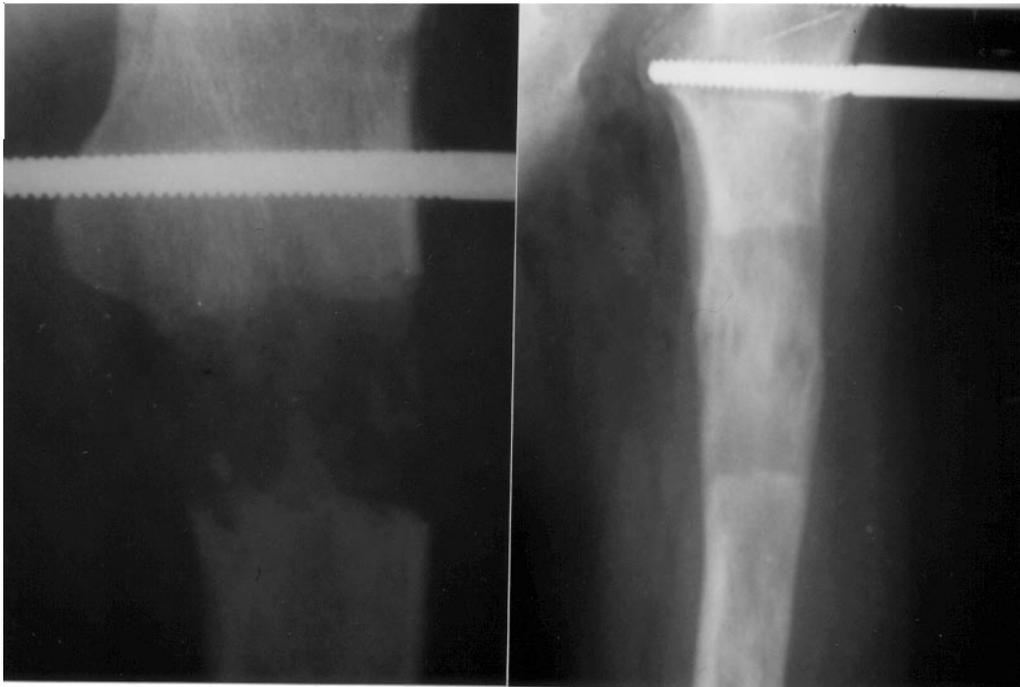


Fig. 35. a/ Rx fin de la elongación. b/ Rx consolidación.

En el primer trabajo publicado de callostasis, **DE BASTIANI (1987)** refiere un índice de curación de 38 (1 cm/38 días), siendo el de tibia de 41, el de fémur de 36 y el de húmero de 24. Tuvieron complicaciones en 14 segmentos sobre 100, las más importantes de las cuales fueron 5 fracturas.

Con el fijador axial dinámico, **DE BASTIANI (1986)**, efectúa condrodiatasis, término introducido por De Bastiani, Aldegheri y Renzi Brivio en 1979 (Fig. 36). Es una técnica de alargamiento por distracción

epifisaria simétrica, lenta y controlada, de la placa epifisaria, sin ruptura ni fractura, con el fin de conservar su funcionamiento durante el período de crecimiento, **SLEDGE (1978)**, **NOBLE (1982)**, **WASSERSTEIN (1983)**. **DE BASTIANI (1986)** efectuó un estudio experimental en conejos, previo a su aplicación clínica; el estudio demostraba que la distracción lenta de 0,25 mm cada 12 horas (condrodiatasis) produce hiperplasia del cartílago de crecimiento sin indicios de separación al terminar el período de distracción (28 días), mientras que una distracción rápida de 1 mm por día (epifisiólisis distraccional) produce una separación de la epífisis y la metáfisis (Fig. 37). Es importante el demostrar que la condrodiatasis se podía conseguir con un fijador externo monolateral, de un modo simétrico y sin desviaciones axiales.



Fig. 36. Condrodiatasis. Rx cedida por la escuela de Verona.



Fig. 37. Rx epifisiólisis distraccional.

En un trabajo clínico en niños, **DE BASTIANI (1986)** publica su experiencia en 100 casos de condrodiatasis. Consiguió un aumento de longitud del 36% en pacientes no acondroplásicos y del 64,5% en acondroplásicos. Sólo refieren 1,5% de complicaciones a nivel de los tornillos, no indican ningún caso de osteomielitis, ni lesiones vasculo-nerviosas, ni necesidad de aporte de injerto óseo. Como resultados muestran un índice de curación de 42, con un alargamiento promedio de 7,1 cm.

JONES (1989) publica 10 casos de condrodiatasis con monitorización de la tensión de distracción, para valorar los efectos sobre la fusión de la epífisis.

RENZI-BRIVIO (1990) utiliza la metodología de Verona practicando en el fémur corto congénito 35 alargamientos, de los cuales 17 son con condrodiatasis, precisando 35 días por cm y 18 con callotasis, con 38 días por cm. En cuanto a complicaciones, reporta 3 consolidaciones prematuras, 2 fracturas y un caso de subluxación de cadera. Indica que es una técnica útil en el fémur corto congénito, en lugar de la utilización de prótesis.

SCHLENZKA (1990), con el fijador Orthofix y distracción epifisaria, corrige en 10 pacientes desviaciones axiales.

En los niños con disimetría, tanto los procedimientos quirúrgicos, como el número requerido de los mismos, la duración de la hospitalización y las complicaciones durante el proceso, pueden dar

lugar a un trauma psicológico al paciente y a sus familiares **STRUBBE (1984)**. Para prevenir estos problemas psicológicos, **LAVINI (1990)** hace un estudio psicológico previo a la cirugía en pacientes acondroplásicos, junto a un estudio funcional, vascular y endocrinometabólico. Para **DE BASTIANI (1987)**, la callotaxis disminuye el número de intervenciones requerida para un alargamiento, la duración de la hospitalización y además prevee las complicaciones asociadas a procedimientos de injerto y osteosíntesis, reduciendo al mismo tiempo el stress psicológico y emocional.

Para **De Bastiani y Cols**, su sistema es, en el momento actual, el método mas simple y seguro para el alargamiento de extremidades, dado que han encontrado que la estabilidad del sistema es excelente y los tornillos son muy bien tolerados (Fig. 38). El fijador no es abultado ni poco manejable y preserva la función de las articulaciones (Fig. 39).

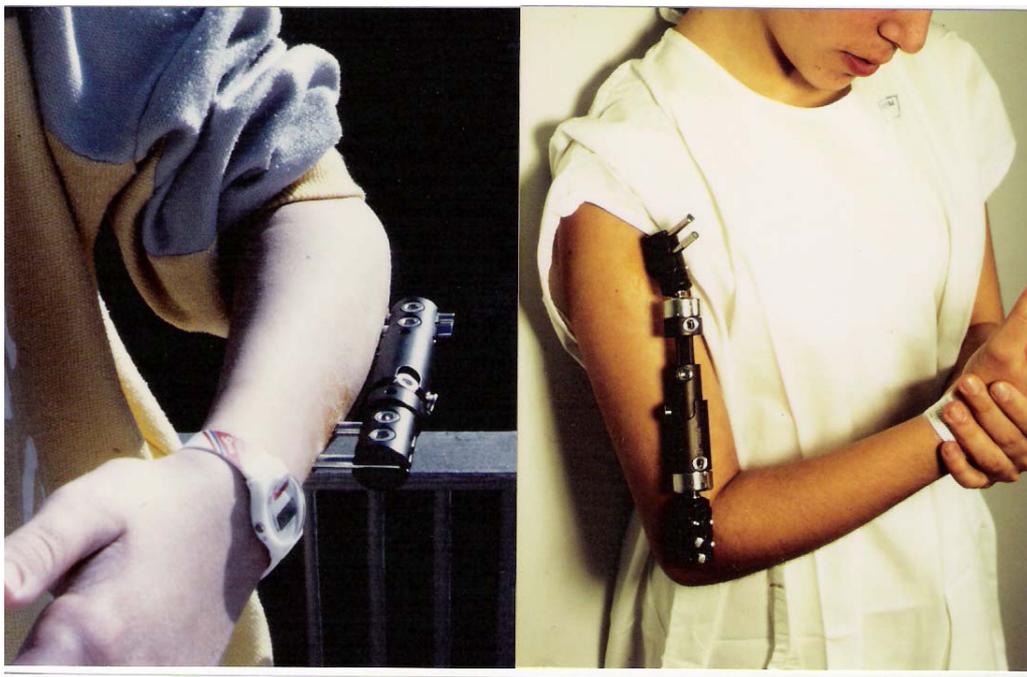


Fig. 38. a/ Alargamiento de cúbito. b/ Alargamiento de húmero.



Fig. 39. Elongación realizada por el propio paciente.

En un excelente trabajo de **ELDRIDGE (1991)**, sobre las complicaciones en el curso de un alargamiento de extremidades, se comparan las metodologías de Wagner, Ilizarov y De Bastiani, por ser los tres métodos más indicados hoy en día. La complicación más frecuente con fijadores externos es la inflamación en el punto donde se coloca el tornillo o la aguja que, eventualmente, puede provocar una osteomielitis. La incidencia de infección en el punto de entrada de la aguja es según **GREEN (1983)** de un 8,4% para todos los fijadores y de un 8,3% con los fijadores circulares de Ilizarov, **GREEN (1990)**. En el estudio de Eldridge, sobre 407 alargamientos tipo Wagner, se encuentra un 22% de infección en el punto de entrada del tornillo; en 400 de callotaxis monolateral, un 2%, y en 571 circulares, un 10%. De todos éstos sólo un 3% han dado lugar a una osteomielitis. Otra complicación es la consolidación prematura; en los casos realizados con el método de Wagner no se presenta, pero sí en las corticotomías, que pueden haber sido incompletas (7% en casos de fijador monolateral y un 2% en el circular). Las no uniones se presentan en el 22% de los alargamientos con Wagner, un 3% en la callotaxis monolateral y un 3% en la circular. La

presencia de un equinismo es otra complicación, distintamente valorada. Algunos autores la consideran como tal cuando hay que practicar un alargamiento del tendón de Aquiles y aplicar un molde de yeso **ALDEGHERI (1989)** y **PATTERSON (1989)**. En la literatura publicada, oscila entre 1 y 7%; para el autor es del 7% de los casos con Wagner, 3% en la callotasis monolateral y 1% en la circular. La fractura tardía ha ido siempre relacionada con el sistema de Wagner. Así, en 407 casos de Wagner se han presentado 11% de fracturas tardías, mientras que de callotasis monolateral y en la circular solo ha aparecido en el 3% de los casos. Otro aspecto al que se hace referencia es el psicológico, presente ya antes de practicar cualquier tipo de alargamiento. La desigualdad de longitud de un miembro, una talla corta o un enanismo pueden causar problemas psicológicos y desarrollar mecanismos de defensa (**KUSALIC (1972)** y **COLEMAN (1978)**). En niños tratados con fijador de Wagner, **HRUTKAY (1990)** encontró numerosas reacciones psicológicas proporcionales a la duración de la hospitalización y exacerbadas por la aparición de complicaciones en el curso del alargamiento (**STRUBBE (1984)**).

Antes de tratar una disimetría se debe efectuar una selección de los pacientes que requieran cirugía **GRAYHACK (1991)**, pasando por un estudio exhaustivo del paciente. Lo mismo afirma **SALEH (1991)**, para los pacientes acondroplásicos, precisando que estos alargamientos deben realizarse en Hospitales con experiencia, que tengan un soporte multidisciplinario.

Se han publicado combinaciones de técnicas. **PATERSON (1989)** en 50 pacientes utiliza el fijador de Wagner con la práctica de una corticotomía. **DAHL (1991)** combina en 64 segmentos el método de Wagner con la distracción del callo.

GUIDERA (1991) aporta un estudio sobre 24 alargamientos con el sistema Orthofix, de la escuela de Verona. Realizados en niños entre 3 y 18 años con un promedio de 12 años, hubo 12 alargamientos de fémur, 10 de tibia, 1 de húmero y 1 de cúbito. El alargamiento conseguido fue entre 6,6 y 12,6 cm, con un promedio de 6,9 cm. De estos 24 pacientes el

número total de complicaciones fue de 60. Las más importantes fueron angulaciones, fracturas, ruptura o pérdida de solidez de los tornillos, pérdida de elongación, disminución de movilidad de las articulaciones, osteomielitis, subluxación de rodilla y tendinitis, siendo significativa la presencia de dolor en estas complicaciones. Este estudio destaca que las complicaciones que han tenido, quizás se deban a la inexperiencia y a la selección de pacientes complicados; en esta selección deben excluirse la insensibilidad congénita al dolor y el síndrome postirradiación. Otros autores, como **SONGER (1988)**, tienen un porcentaje bajo de complicaciones, pero que aumenta en pacientes acondroplásicos **PRICE (1989)**. **PRICE (1991)** considera que la estadística de complicaciones de Guidera es demasiado alta, consecuencia de la inexperiencia en este método.

También **SHERMANN (1991)** hace un repaso de los medios de alargamiento actuales con sus ventajas e inconvenientes, con conclusiones parecidas a las de **ELDRIDGE (1991)**.

ENSLEY (1993) publica el alargamiento de fémur en 20 pacientes, usando el dispositivo interno de Barnes. Es un modo de alargamiento extemporáneo, con 2 cm en el acto operatorio y repitiéndolo dos o más veces en siguientes etapas. Lo indica para dismetrias entre 4 y 7 cm.

Es interesante destacar que en una época de intensificación de las técnicas de alargamiento salga un artículo (**SASSO (1993)**) que proponga el acortamiento femoral sin abrir foco, como tratamiento de las dismetrias, basandose en anteriores artículos **WINQUIST (1978)** y **(1982)**, **BLAIR (1989)**, **BURSTEIN (1990)**. Todo ello es, evidentemente, un indicio de que los alargamientos siguen produciendo complicaciones y aún no tenemos el método ideal en nuestras manos.

El estudio histológico del alargamiento humano es precario por motivos obvios. Existe un estudio por punción ósea **TAJANA (1989)**, pero **SHEARER (1992)** ha tenido la posibilidad de estudiar una pierna amputada de un chico de 19 años al que se había practicado 7 meses antes un alargamiento de 15 cm con un fijador monolateral tipo Shearer.

El estudio de Shearer dio como conclusión que los procesos de remodelación pueden durar años, y no tan sólo meses, para producir un hueso maduro, con capa cortical laminar. Los huesos inmaduros no están mineralizados (**RALIS (1975) y (1978)**), y seguramente son mas débiles que los huesos con fibras finas pero maduras. En este caso la prevalencia de hueso inmaduro, la ausencia de osteocitos secundarios y la relativa ausencia de la capa cortical del hueso, indica que la remodelación era todavía muy primaria.

Dada la incertidumbre de la consolidación desde el punto de vista clínico y radiológico, se han incorporado nuevas técnicas de diagnóstico por la imagen, como es la Tomografía Axial Computerizada, con estudios experimentales **VAN ROERMUND (1987)**. La ecografía ha sido utilizada por **RICCIARDI (1986)**, **PERRETTI (1987)**, **HUPPERTZ (1990)**, **BLANE (1991)**. Para **YOUNG (1990)**, sirve para identificar la formación de hueso entre las semanas 1 a 16 despues de la intervención, mientras que por radiología el rango es de 4 a 16 semanas. Esto permite una información de la formación del callo, pero no lo cuantifica. Para

WILLIAMSON (1991), la calidad de la imagen es pobre y la medición de la longitud obtenida depende del operador, pues la sonda debe mantenerse siempre perpendicular al hueso. La interpretación es fácil mientras no hay callo; pero cuando éste aparece se vuelve dificultosa; para **MAFFULLI (1992)** es útil para medir el hueco de distracción y detectar precozmente el foco de osificación. Sin embargo, la desviación axial es mejor evaluada con radiología.

La densitometría ósea **PERRETTI (1988)** y **WILLIAMSON (1991)**, permite valorar cuantitativa y cualitativamente la formación del callo. Para Williamson, durante el alargamiento el denominado BDM del callo estaba en 0,25 g/cm² comparado con 1 g/cm² en el hueso normal. El paciente lleva el fijador hasta que se ha obtenido el valor óseo normal.

Sobre la Resonancia Nuclear Magnética, se han publicado artículos como el de **TJERNSTRÖM (1992)**. En 10 casos de alargamiento se practicó un control radiológico y por TAC cada tres meses. Además, en 4 de ellos se examinaron con RNM. Al retirar el fijador, la RNM no mostró

signos de engrosamiento en la zona del alargamiento, sugiriendo carencia de canal medular. Aparecieron imágenes con áreas centrales de baja intensidad, (sugestivas de matriz orgánica) rodeadas de zonas similares a las observadas en el hueso cortical **LAASONEN (1989)**. A los seis meses, se observaron signos de engrosamiento de intensidades variables, apareciendo en el hueso nuevo. El TAC reveló en 3 pacientes una doble corteza (lo que sugiere una formación ósea a partir de periostio y endostio) y una irregular formación ósea en 7 pacientes. A los 6 meses se pudo detectar una cavidad medular, con la desaparición progresiva de la doble corteza y la irregularidad. La remodelación del nuevo material óseo requirió por lo menos 1 año.

Estamos a una gran distancia del pedazo de ropa de Andry pero todavía no estamos donde quisiéramos estar, **MOSELEY (1991)**.

En la actualidad, la capacidad de movimiento y actividad del paciente sometido a un alargamiento es alta, pero sigue condicionada por el uso del fijador externo (Fig. 40 y 41).



Fig. 40. Utilización de la bicicleta en el curso de un alargamiento.



Fig. 41. Natación en el curso de un alargamiento.

2 PROCESO REPARADOR DE LAS FRACTURAS

La consolidación ósea de una fractura o de otra solución de continuidad, es uno de los procesos reparadores biológicos más interesantes. Consiste en formar un tejido óseo igual al original y sin dejar al final cicatriz alguna. Esta ausencia de cicatriz distingue al tejido óseo del resto de los tejidos de partes blandas, en los que queda una cicatriz en la zona de unión de los tejidos lesionados. Las fracturas curan a través de la osteogénesis. Sin la formación de tejido óseo no se producirá la consolidación de una fractura.

La consolidación de una fractura consiste en dos fenómenos fundamentales: organización de la sangre extravasada y formación de nuevo hueso por el mecanismo intramembranoso o endocondral, **ROBBINS (1967)**.

El proceso de consolidación de una fractura se inicia en el momento en que se produce la solución de continuidad, siempre que las condiciones sean favorables (**SARMIENTO (1974)**). A partir de este momento se inician una serie de fases, coincidentes o sucesivas en el tiempo:

Fase inflamatoria

Inmediatamente aparece sangre desde los extremos fracturados y de los tejidos que han sido lesionados, formándose un hematoma que rápidamente forma un coágulo entre los dos fragmentos. Esto desencadena en las partes blandas de la región afectada cambios propios de una inflamación aguda: exudación de plasma, vasodilatación, leucocitosis y presencia de histiocitos que inician la limpieza de los detritus tisulares, **HAM (1930)**.

En los vasos sanguíneos de los sistemas de Havers próximos a la fractura, se produce una coagulación que afecta sólo a una pequeña

zona, que necrosa por igual al tejido óseo y a la médula ósea. La extensión de esta necrosis dependerá del nivel de la fractura: en el hueso diafisario podría ser de 1 cm y en el esponjoso de 1 mm, **TRUETA (1975)**.

Para **HAM (1930)**, el hueso no se une directamente por sus extremos fracturados (éstos presentan una necrosis): lo hace por la formación de un puente óseo desde regiones de hueso vivo.

Los huesos de los niños son mucho más vasculares y con mayor respuesta hiperémica que los del adulto, **TRUETA (1975)**.

A partir de las 8 horas de producirse la lesión, aparecen las primeras manifestaciones que indican un aumento de los procesos de división celular, alcanzando su valor máximo a las 24 horas. Este proceso se aprecia en primer lugar en el periostio y en los tejidos más próximos. Con posterioridad, se generaliza a toda la zona lesionada, disminuyendo

progresivamente esta actividad en los días siguientes, pero mantiene un nivel por encima de lo normal en la zona próxima al foco de fractura.

De lo expuesto en esta fase se deduce fácilmente el papel pasivo que desempeñan los extremos óseos en ella, por lo que se ha puesto en duda la necesidad de una exacta reducción de la fractura, **DOMINGUEZ (1985)**.

Otro papel desempeña, evidentemente, el periostio. Para **DUHAMEL (1739)**, que implantaba anillos de plata subperióticamente, el periostio segregaba hueso. Más tarde, en otros experimentos, también indicaba que el periostio era el responsable de la osteogénesis, **DUHAMEL (1742),(1743)**.

Pero, para **VON HALLER (1763)**, el periostio no tenía capacidad osteogénica. **MAC EWEN (1912)**, considera al periostio como una simple lámina limitadora, haciendo pensar que las células osteogénicas provenían de la superficie del hueso. **GALLIE (1920)** vuelve a la

afirmación de membrana limitante. Actualmente se acepta que el periostio está constituido por dos capas de células. Una externa fibrosa, que se subdivide en dos zonas y es la que contiene mas fibras de colágeno. La otra es la capa interna proliferativa, en la que se encuentran unas pequeñas células alargadas, que prácticamente no se distinguen de un fibroblasto, denominadas células ósteoprogenitoras por **YOUNG (1962)**, para diferenciarlas de los ósteoblastos. La función de estas células (ser punto de partida de la neoformación de hueso) fue establecida por **MAC KIBBIN (1978)**. Para **ONI (1990)**, el periostio es fundamental para la reparación de las fracturas.

Fase de reparación

Esta caracterizada por la formación de un callo de fractura, que más tarde se osificará y se transformará en hueso maduro.

Los extremos de la fractura llegan a quedar envueltos de un modo gradual por una masa fusiforme y confluyente el callo, que contiene

cantidades variables de tejido fibroso y progresivas de tejido óseo, **HAM (1930)**.

En la periferia del callo aparece el cartílago formando nódulos, los cuales se hallan separados por septos fibrosos. Por los septos se engloban los vasos sanguíneos. Este cartílago posteriormente se convertirá en hueso, constituyendo un frente de osificación endondral, acompañado de gran cantidad de vasos neoformados. A mayor vascularización, mayor proporción de tejido óseo. El papel de los vasos sanguíneos ha sido resaltado por **TRUETA (1963)** y **(1974)**. Este aporte vascular aumenta la tensión de oxígeno, por la cual podrá producirse la transformación de cartílago a tejido óseo mediante un frente de osificación endocondral, **TRUETA (1975)**.

El hematoma fracturario es reemplazado por tejido fibrovascular, formando un tejido de granulación rico en fibras de colágeno. La matriz de este tejido, posteriormente se mineraliza, formando un hueso nuevo inmaduro, que constituirá el callo primitivo.

La actividad en la zona medular del hueso tiene una proliferación vascular menor y más lenta; el callo endóstico producido es más reducido. El callo endóstico posee prácticamente las mismas características que el callo perióstico. Aunque la estabilidad no influencia al endóstico, sí que lo hace con el perióstico, sobre el que tiene efectos inhibitorios. En las fracturas tratadas con placas como material de osteosíntesis, el callo endóstico es casi el único sistema de reparación que persiste, **RHINELANDER (1968), OLERUD(1971)**.

El papel del hematoma es cuestionado por autores como **HAM (1930)**, quien describe una zona de intensa actividad celular subperióstica, que da lugar a la formación de dos collares que circulan los extremos óseos y que gradualmente se van aproximando uno al otro, hasta realizar la unión.

PRITCHAR (1963) distingue entre el tejido reparador o blastema, procedente de la capa externa fibrosa del periostio, y lo que él llama

blastema osteogénico, que es un tejido que deriva de la capa proliferativa del periostio y de la cavidad medular. Este blastema osteogénico se situaría normalmente en la porción central del hematoma y daría lugar al nuevo hueso, que establecería el puente de unión interfragmentario. En ciertos casos el tejido fibroso puede invadir el espacio interfragmentario, con lo que no deja proliferar al blastema osteogénico. Para **DOMINGUEZ (1985)**, podría ser en este punto donde reside uno de los posibles motivos de la falta de consolidación.

El callo se hace radiológicamente visible a medida que la osificación endocranal progresa. La densidad aumenta a medida que aumenta el número de trabéculas óseas.

Fase de remodelación

Es la fase final del proceso de reparación de una fractura. Una vez el callo óseo ha unido los fragmentos de la fractura, se inicia el proceso de remodelación, que se caracteriza por un cambio lento en la forma del

hueso para que le permita una función y resistencia lo mas próximas a lo normal. Es la más larga de todo el proceso reparador.

En las zonas donde existen fuerzas de compresión se deposita hueso, mientras que en las zonas donde dominen las fuerzas de tensión se produce reabsorción ósea por los osteoclastos. Estos fenómenos se rigen por la ley de Wolf. En la esponjosa las trabéculas se dispondrán en la dirección de las fuerzas de carga. **BASSETT (1962)** sugirió que el mecanismo de control que modula en gran parte la respuesta celular en la fase de remodelación es de índole eléctrico.

3 EL ADHESIVO DE FIBRINA EN LA REGENERACION OSEA

Desde el principio de la medicina el hombre ha expresado su deseo de encolar las heridas y las estructuras que éstas dejaban entrever. En cirugía, la metáfora de "lo mismo se cura con lo mismo", era aplicada por Chauliac, médico de los Papas de Aviñón en el siglo XIV, quien curaba los gusanos metafóricos que son los nervios, con un unguento de gusanos macerados, manifestando que "las entrañas de la tierra o lombrices, aplicadas a los nervios seccionados, les benefician maravillosamente"(Recogido por **POUCHELLE (1983)**). Esta fue quizás la primera aplicación de la cola.

Un esquema inicialmente hipotético de la coagulación adquiere forma con **MORAWITZ (1905)**, quien, con su modelo de la coagulación de la sangre utilizando iones de calcio, abre la entrada hacia la fibrina sellante.

La utilización de sustancias coaguladoras de la sangre, obtenidas de la sangre humana, para controlar el sangrado de las heridas data de 1909 cuando **BERGEL**, efectuó un pequeño estudio del efecto hemostático del polvo de fibrina. **GREY (1915)** y **HARLEY (1917)** emplearon películas de fibrina y tampones de fibrina para detener las hemorragias en el cerebro y en los órganos parenquimatosos. Dentro de las bases que dicta **DELAGENIERE (1918)**, para el tratamiento de las secciones nerviosas están el que el material de sutura debe ser inofensivo y debe evitarse la tensión en la zona de sutura, dos afirmaciones aun hoy en día validas y que tienen una interrelación con el efecto de la cola de fibrina.

Pasaron más de dos décadas para que esta técnica volviera a ser descubierta. **YOUNG (1940)** en Inglaterra, utilizó cola de pollo (concentrado de fibrinógeno de pollo que mezcló con el extracto hístico de embrión de pollo para obtener un coágulo sólido) en la reparación de nervios ciáticos de conejos. **SEDDON (1942)**, en la primera aplicación en humanos, utilizó plasma coagulado en las reparaciones nerviosas, pero su fragilidad no permitía su utilización más que para las suturas

nerviosa sin tensión. También **TARLOV (1943)**, en Estados Unidos, realizó un estudio experimental sobre las anastomosis de los nervios para evitar la tensión de la sutura nerviosa, pero debido a la poca fuerza y estabilidad del sellante, el método de síntesis de tejidos biológicos falló respecto a las expectativas científicas que se tenían. Aparentemente la fuerza adhesiva era pobre y la poca estabilidad de los coágulos fue debida a la inadecuada concentración de fibrinógeno y a la ausencia de antifibrinolíticos. Además, el factor XIII era desconocido en aquel tiempo. Fue descubierto por **LAKI (1948)**.

El fibrinógeno fue utilizado en cirugía plástica por **MICHAEL (1943)**. EL empleo de estas sustancias abrió un nuevo camino en su uso en cirugía plástica, neurocirugía, en la reparación de tejidos y en los injertos de piel. La combinación de fibrinógeno y trombina fue empleada por primera vez por **CRONKITE (1944)**. En la posguerra es utilizada en oftalmología para cerrar la conjuntiva **WYNNE (1946)** y **GAREIS-HELFERICH (1968)**.

MATRAS (1972), empleó con éxito un crioprecipitado con elevadas concentraciones de fibrinógeno y alto contenido en factor XIII y con esto pudo unir nervios periféricos en animales de experimentación. Problemas adicionales como la inhibición de la fibrinolisis y de la degradación de la fibrinolisis, fueron solucionados con la introducción de la aprotinina, que fue aislada por primera vez por **KUNITZ (1936)**. Fue **MATRAS (1976)** quien hizo una de las primeras aplicaciones de la fibrina sellante para reparar nervios en humanos, aplicado por primera vez en seres humanos en febrero de 1974 en Viena, utilizando una solución de crioprecipitado autólogo de plasma obtenido del propio paciente y un volumen igual de solución de trombina. Pero debido a que las preparaciones autólogas contenían cantidades bajas de factores de coagulación, se pasó a utilizar concentrados de plasma del banco de donaciones: así se obtenía un adhesivo con mayor concentración de factores de coagulación y de este modo mejoraba su resistencia (**KUDERNA, 1975**).

El adhesivo de fibrina fue utilizado en cirugía microvascular: **MATRAS (1977)**, lo usó experimentalmente en ratas a las que seccionaba la arteria carótida, previo clampaje proximal y distal; posteriormente los extremos vasculares se suturaban con dos puntos opuestos de un monofilamento de nylon 10/0, completando la anastomosis con el adhesivo de fibrina (por una parte fibrinógeno y factor XIII homólogo y, por otra, la trombina bovina). Se lograba la anastomosis con un sistema combinado de sutura y adhesivo.

KUDERNA (1976) da a la cola su forma definitiva, añadiendo a la trombina una solución de apronitina, inhibidor de la fibrinólisis, para retardar la lisis del coágulo.

La combinación de sutura y adhesivo fue utilizada por primera vez en neurocirugía, para realizar una anastomosis extra-intracraneal: **KLETTER (1978)**. Más tarde se empleó en la duramadre, comprobando experimentalmente en perros que al cortarla longitudinalmente , aproximando posteriormente los bordes con dos puntos de sutura y

posteriormente sellando con el adhesivo de fibrina, el sellado era hermético y cicatrizaba en dos semanas, quedando una ligera cicatriz fibrosa. **CAIN (1988)** hizo un estudio similar en conejos, el estudio histológico demostró que las heridas creadas en la duramadre y reparadas con adhesivo de fibrina tenían una completa cicatrización a los 7 días.

Ha sido utilizado el adhesivo de fibrina humano en la sutura de nervios periféricos por **DUSPIVA (1978)**, **EGLOFF (1983)**, **PALAZZI (1985)**.

En las lesiones en órganos parenquimatosos ha sido estudiado por **SPÄNGLER (1975)** experimentalmente en hígado, **BRANDS (1981)** en rupturas esplénicas en ratas, **HÖLLERL (1981)** en heridas esplénicas en cerdos y corderos.

¿Tiene la fibrina sellante una influencia en la formación de tejido óseo nuevo, del mismo modo que si acelera la curación del hueso?. Esta sería

una buena pregunta. Esto se podría explicar mediante el efecto local de la fibrina. Es conocido, por el contrario, que el factor XIII acelera la curación del hueso con aplicaciones sistemáticas. **CLAES (1985)** practicaba osteotomías en carneros y aplicaba, con éxito, factor XIII. La fibrina sellante debería inducir a la osteogénesis y estimular a las células locales para que fueran células de formación ósea, "osteoaductoras" **MULLIKEN (1984)**.

BÖSCH (1977) estudió la influencia de la fibrina sellante en la curación del hueso. La fibrina sellante acelera que los vasos capilares salgan y que las células del tejido conectivo se transformen rápidamente en tejido óseo nuevo. Según Bösch, en su estudio en conejos comprobó que en el grupo que taladraba con una boca y colocaba fibrina sellante, a los 14 días se veía aparecer una intensa formación de hueso, mientras que al 31 día el orificio estaba cubierto y unido a la cortical ósea. En el grupo control sin fibrina no aparecía formación ósea y permanecían los bordes esclerosos sin cubrir.

BÖSCH (1979) utilizando hueso esponjoso mezclado con el adhesivo de fibrina para rellenar cavidades óseas en la tibia del conejo, encontró una anticipación de la neoformación ósea con respecto al grupo control. Finalmente utilizaron hueso de Kiel para rellenar las cavidades, con y sin fibrina sellante. Los resultados mostraban que hubo una mejora en la proliferación de vasos con el empleo de fibrina, con un aumento de la osteogénesis **BÖSCH (1980)**.

PFLÜGER (1979) investigó el comportamiento de los implantes metálicos con poros y comprobó que con la fibrina sellante se incorporan más rápidamente: las razones quizás estén en la mejora de la inmovilización del implante y en un posible potencial osteogénico.

SCHUMACHER (1982) demuestra lo mismo en los implantes plásticos.

ZILCH (1981) hace un estudio similar a Bösch, comprobando la influencia de la fibrina sellante en la nueva formación ósea en defectos

estandarizados de hueso cortical y esponjoso, no encontrando prácticamente diferencias con el grupo control. En huesos autólogos tampoco encontró un aumento del fluido sanguíneo. Sus resultados están en contraste con los aportados anteriormente por otros autores como Bösch.

La fibrina sellante debe ser aplicada en finas capas encima del hueso, pues en caso contrario puede tener un efecto negativo en su curación **PUHL (1982)**.

OSBORN (1983) en un estudio en perros, comunicó una disminución de la reparación de los agujeros que se habían rellenado con fibrina sellante.

Parece ser que el conejo no sería el animal idóneo para los estudios de osteoinducción, debido a la elevada capacidad de formación ósea que tiene (62-69 micras/día), totalmente distinta a la del hombre (1-1,5 micras/día) y también a la del perro (1,5-2 micras/día); quizás los

resultados dispares sean debidos a los distintos animales utilizados en la experimentación, **SCHLAG (1988)**.

Para **SCHLAG (1988)**, mientras el efecto positivo del adhesivo de fibrina ha sido demostrado en la curación de las heridas, su influencia en la curación ósea sigue siendo controvertida.

La técnica de la adhesión con fibrina es la imitación de los últimos pasos del sistema de la coagulación. El fibrinógeno es convertido a través de la trombina en fibrina y estabilizado por el factor XIII. La fibrina se adhiere a los tejidos y los tejidos se adaptan por sinéresis. La aplicación local de aprotinina a la solución de trombina es necesaria para conseguir la inhibición prematura de la lisis de la película de fibrina.

La hemostasia la podemos definir como el conjunto de mecanismos fisiológicos destinados a prevenir el sangrado espontáneo y la detención de hemorragias en caso de lesiones vasculares, **BARTELS (1971)**, **MORRISON (1978)**, **ESCRIBA (1981)**

La hemostasia consta de tres tiempos esenciales:

a/ Hemostasia primaria. Resulta de la interacción de las plaquetas con la pared vascular, con la participación de un pequeño número de factores plasmáticos, el factor Willebrand y el fibrinógeno. Una vez producida la lesión vascular, las plaquetas de la sangre extravasada se adhieren en pocos segundos a las fibras conjuntivas de la superficie de la herida; este proceso hace intervenir al factor Willebrand. Esto es lo que se denomina adhesión plaquetaria. Seguidamente se produce la reacción secretoria plaquetar, activada por agentes inductores que liberan de las plaquetas el ADP (inductor de la agregación plaquetaria), serotonina (vasoconstrictor de la pared vascular), factor 4 plaquetario (neutralizante de la heparina), factor 3 plaquetario (activa los factores de la coagulación y para la formación de la protombina). Finalmente tiene lugar la agregación plaquetar, provocada por los inductores, sobretodo por ADP, que forman un agregado reversible para posteriormente la trombina convertirlo en irreversible.

b/ Coagulación plasmática. Consiste en la transformación de una proteína soluble el fibrinógeno (factor I), a su estado insoluble la fibrina (factor Ia); para que esto tenga lugar la protombinasa activa la protrombina (factor II) en trombina (factor IIa). A su vez la trombina transforma el fibrinógeno en fibrina, que es soluble en determinadas condiciones pero se convierte en insoluble por el factor XIII (este ha sido activado por la trombina en presencia de iones de calcio); en una segunda fase, es el Factor XIIa el que termina la estabilización de la fibrina.

c/ La fibrinolisis es el proceso responsable de la degradación enzimática del coágulo de fibrina. El sistema plasminógeno-plasmina es el responsable de la fibrinolisis. La activación de este proceso de lisis de la fibrina, se produce a partir de un precursor plasmático el plasminógeno que se sintetiza en el hígado, este forma la plasmina, encargada de la degradación de la fibrina. Los productos de degradación del fibrinógeno tienen acción inhibitoria sobre la formación de fibrina. El cuerpo humano posee un inhibidor de la fibrinolisis: la antiplasmina.

4 ESTUDIO PREVIO

Para definir el método de esta tesis, se decidió llevar a término un estudio preliminar.

Material

El **animal** utilizado fue el conejo blanco de la raza Nueva Zelanda y de sexo masculino. Se utilizaron 9 conejos para el estudio, con edades comprendidas entre los 2 y 3 meses de vida, con un peso entre 2 y 3 Kg.

Se dividieron en tres grupos: A en el que estaban los conejos nº 1 y 2. Grupo B, del 3 al 6. Y grupo C del 7 al 9.

En cada conejo se eligieron los dos fémures, para practicar su alargamiento; esto representa un total de 18 alargamientos.

Para la **fijación externa** se utilizó un fijador externo monolateral modelo M-100 Orthofix (R), con cuatro tornillos autorroscantes de 2,5 mm de diámetro (Fig. 42).

El **adhesivo de fibrina** empleado fue el desarrollado por Immuno AG, (Viena 1972). Su nombre comercial es Tissucol.

Se ha utilizado del kit que se suministra, la trombina liofilizada de 500 unidades de trombina/ml, que es la rápida, el componente proteico liofilizado, la solución de cloruro cálcico y la solución de aprotinina.

Se aplico en cada caso 0,5 ml de solución de Tissucol y 0,5 ml de solución de trombina, con el dispositivo de doble jeringa Duploject, que permite la aplicación simultanea de los dos componentes, en una mezcla rápida y completa de los mismos.

Método

La **anestesia** se realizo con una solución compuesta por Ketamina (42 mg/Kg) y Xilacina (23 mg/Kg).

La **técnica quirúrgica** se decidió en base a la revisión bibliográfica efectuada y a la experiencia personal en el alargamiento de extremidades.

La intervención quirúrgica se realizo en el quirófano de cirugía experimental, con las normas habituales de asepsia en cirugía ortopédica. El equipo quirúrgico lo componían 3 personas. Un veterinario que realizo la anestesia del animal y las funciones de quirofanista. Mientras un cirujano y un instrumentista realizaron la cirugía.

El animal anestesiado se colocó en la mesa operatoria en decúbito lateral, derecho o izquierdo dependiendo del lado a intervenir. La

asepsia de la piel se efectuó con una solución hidroalcohólica al 70% de povidona yodada /10 gr/100cc). El campo quirúrgico se preparó con dos tallas estériles (Fig. 43).

Se realizó un abordaje quirúrgico mediante una pequeña incisión longitudinal externa en el tercio medio del muslo. Se seccionó la fascia lata, visualizándose en este tiempo quirúrgico los músculos vasto lateral y bíceps femoral; a través de ellos, separándolos sin lesionarlos, se realizó el abordaje del fémur. En la diáfisis media se practicó una resección circular del periostio, de un centímetro de longitud. Grupos A y B.

En el grupo C, se practicó el abordaje quirúrgico mediante una incisión de piel longitudinal externa en muslo, desde la región del 3er trocánter al tercio distal del fémur. Sección longitudinal de la fascia lata.

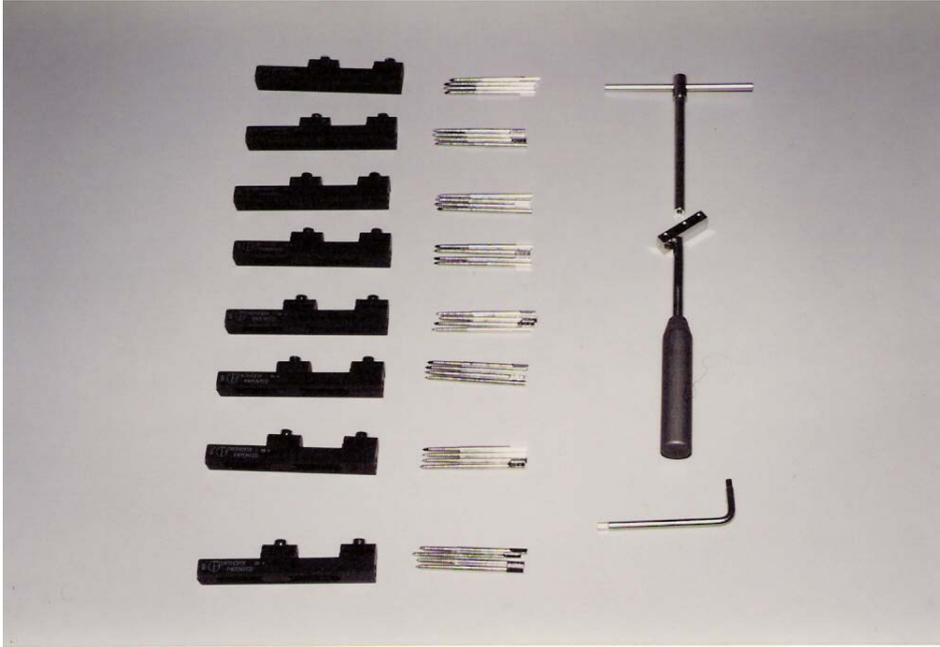


Fig. 42. Fijadores externos, tornillos y material específico.



Fig. 43. Campo quirúrgico.

El abordaje del fémur se realizó entre el músculo vasto lateral y el bíceps femoral, separándolos sin lesionar. Después de la resección del periostio se colocó en cada extremo un alambre circular.

Por una incisión puntiforme se colocó, percutáneo, el tornillo nº 1, por debajo del 3er trocánter en la diáfisis del fémur; se utilizó el fijador externo como plantilla. El siguiente tornillo en colocarse era el más distal, que correspondía al nº 4; posteriormente se colocaron los tornillos nº 2 y nº 3, siendo estos dos los más proximales a la zona desperiostizada. Entre los tornillos 1 y 2 existía una distancia de 1,2 cm, al igual que entre el 3 y 4, mientras que la distancia entre el 3 y 4 es de 3,3 cm (Fig. 44). Grupos A y B.

En el grupo C, por la incisión practicada, se colocaron los tornillos a cielo abierto (Fig. 45).



Fig. 44. Tornillos autorroscantes percutáneos.

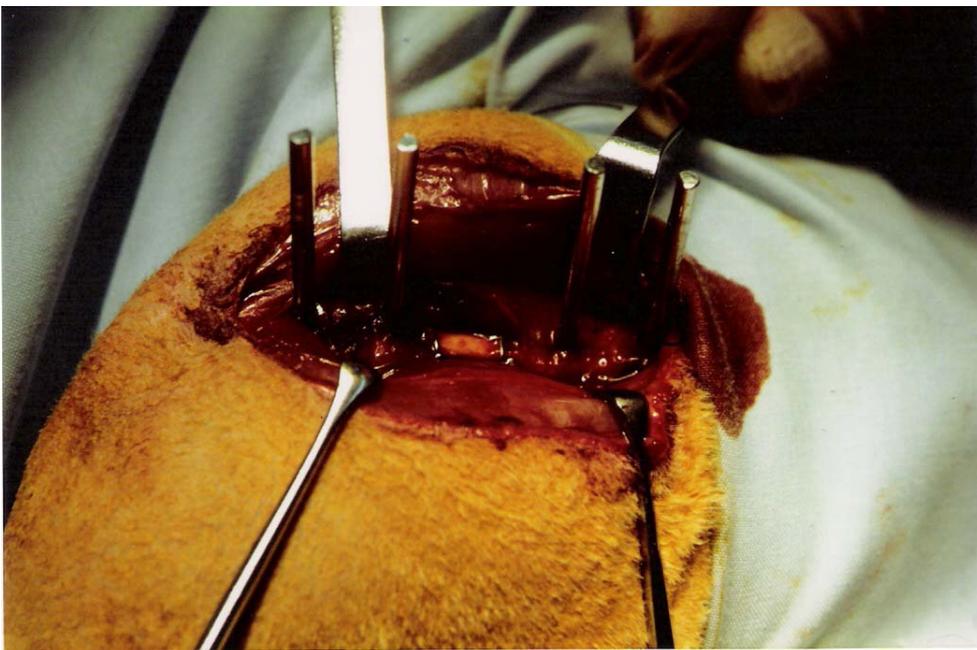


Fig.45. Tornillos colocados a cielo abierto. Cerclajes de alambre.

La osteotomía se realizó con una pequeña sierra vertical eléctrica, sin regulación de velocidades, en el grupo A. En el grupo B también se utilizó, pero se completó la osteotomía con una sierra manual. En el grupo C se utilizó una pequeña sierra circular eléctrica, de velocidad regulable, con el vástago de la sierra pequeño. La osteotomía se practicó a nivel de la zona desperiostizada en su centro geométrico, en todos los grupos.

Se colocó el minifijador externo Orthofix para reducir y estabilizar la osteotomía realizada. Los segmentos de la osteotomía se dejaron alineados y orientados. Se realizó un alargamiento intraoperatorio de 1 mm (Fig. 46).

En el fémur izquierdo se aplicó el adhesivo de fibrina sobre la zona desperiostizada y de osteotomía (Fig. 47). En el fémur derecho no se efectuó dicha aplicación.

La sutura se realizó con dexton 3/0, en los planos muscular y de fascias. La piel se suturó con seda 3/0. En el grupo C los tornillos salían por la herida operatoria.

Se colocó un vendaje compresivo en muslo y pierna, con la rodilla a 90° de flexión. Se completó el vendaje con una venda adhesiva tipo Tensoplast.

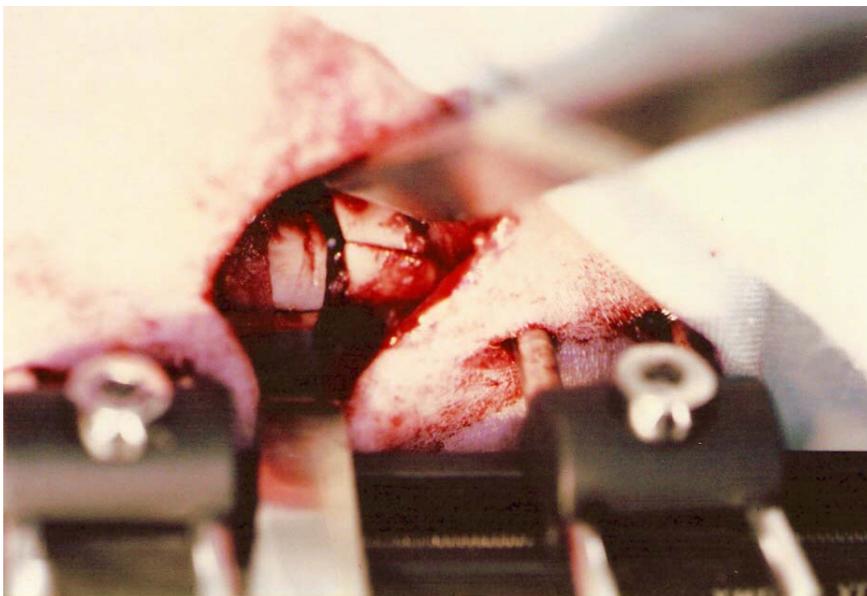


Fig. 46. Fisuras en ambos segmentos del fémur.

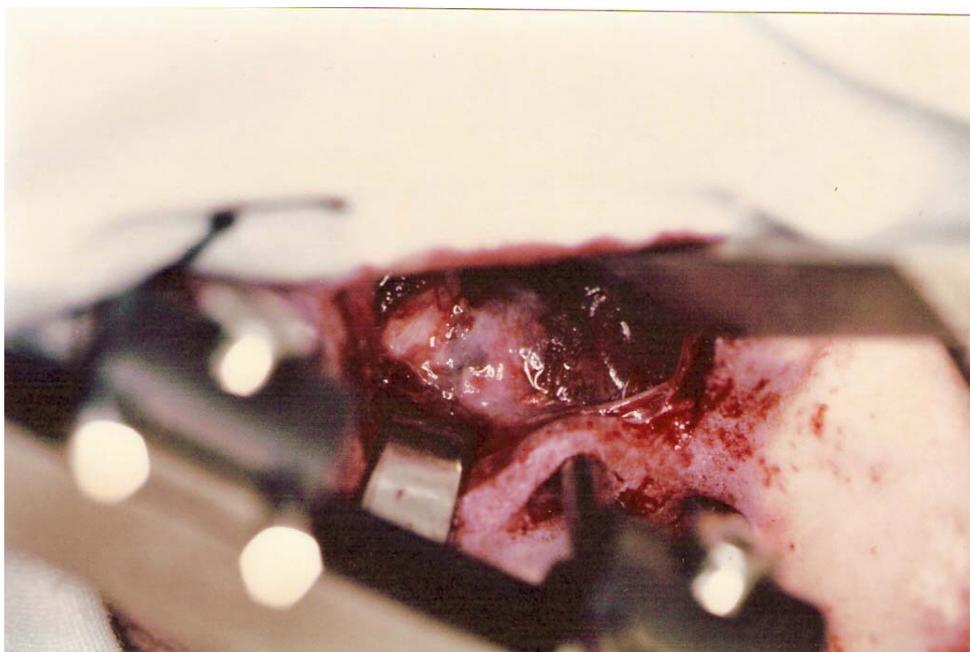


Fig. 47. Adhesivo de fibrina aplicado en la zona desperiostizada.

Se administró protección antibiótica con penicilina G procaína 150.000 U., bencilpenicilina sódica 250.000 UI, estreptomicina sulfato 250 mg., en una dosis diaria desde el día 1 al día 8 del proceso, utilizando la vía intramuscular.

La **distracción** se inició el día 8 del proceso, a una cadencia de 0,5 mm cada 24 horas, hasta conseguir un alargamiento total de 1 cm, sobre el día 29 del proceso.

Se practicó **exploración radiológica** en dos proyecciones, anteroposterior y perfil. Esta exploración se programó para los días 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43 y 50; de la pieza anatómica, el día 53 del proceso.

El estudio **ecográfico** estaba definido para los días 8, 15, 22, 29, 36, 43 y 50.

El **sacrificio del animal** estaba previsto para el día 53.

Resultados

Grupo A: Las complicaciones aparecieron en 2 casos correspondientes al subgrupo derecho, con polifracturas en el fragmento proximal a nivel del 2º tornillo, al efectuar la osteotomía con la sierra vertical. Al 2º día, exteriorización total de los tornillos con el fijador, dentro del vendaje (Fig. 48). Sacrificio el 2º día.

Los otros dos casos correspondientes al subgrupo izquierdo, presentaron, en el momento operatorio, fisuras longitudinales en ambos segmentos tanto en el proximal como en el distal, cuyo trayecto pasaba por el anclaje de los tornillos. Al 2º día del proceso se habían convertido en fracturas longitudinales, perdiendo los tornillos, sobre todo los proximales, el anclaje, por lo que estaban exteriorizados, perdiéndose de este modo la fijación externa.

En el grupo B, los 6 casos correspondientes a los conejos 3, 4 y 5, aparecieron fisuras en los segmentos proximal y distal en el momento operatorio. El 2º día presentaron apoyo de las extremidades posteriores en abducción, lo que radiológicamente se tradujo en una fractura con separación de los fragmentos y exteriorización de los tornillos (Fig 49). Debido a la pérdida de fijación se decidió sacrificarlos. Los dos casos que corresponden al conejo nº 6: polifracturas a nivel proximal y pérdida de estabilización del fijador a nivel proximal. Se decide sacrificarlo al 2º día.

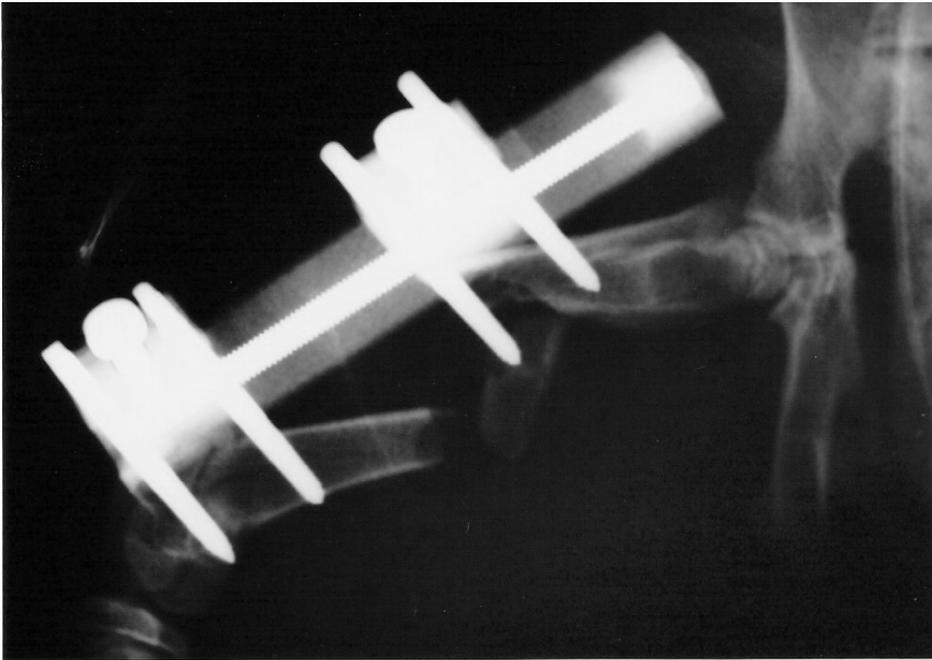


Fig. 48. Rx: polifractura en segmento proximal. Grupo A.

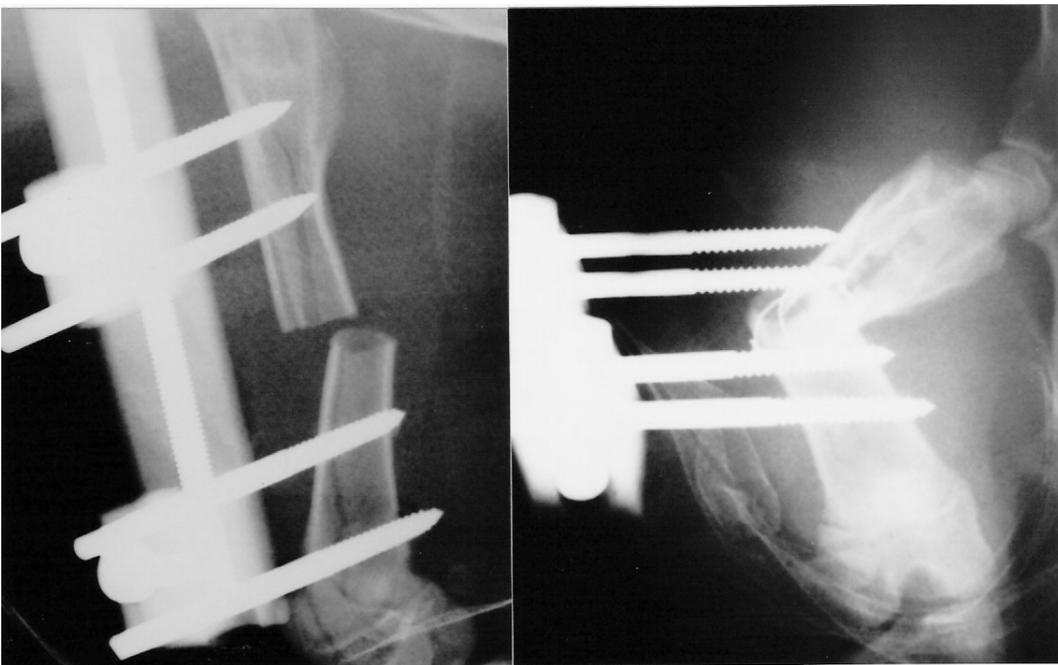


Fig. 49. Rx 1er día. Rx 2º día. Grupo B.

Grupo C: El n° 7 presenta mínima fisura en fragmento distal en ambos lados. Al día siguiente, apoyo correcto de extremidades posteriores. Al 8° día, apoyo en abducción de las extremidades posteriores. Radiológicamente, polifracturas en segmento proximal con exteriorización de los tornillos y fijador. Se sacrifica en el día 8°.

El n° 8, con exploración radiológica sin alteraciones significativas, presenta muerte súbita a las 24 horas.

El n° 9 en la Rx del día 1 no muestra alteraciones significativas. Al 6° día no apoya la extremidad posterior derecha. La radiología del 8° día demuestra fractura supracondilea desplazada del fémur derecho, el fémur izquierdo no muestra alteraciones significativas. Se sacrifica en el 8° día.

Discusión

La colocación de los tornillos autorroscantes, de 2,5cm de diámetro, cerca o en las corticales tanto anterior como posterior del

fémur de conejo de la raza Nueva Zelanda utilizados en este estudio, provoca fracturas, sobre todo en el segmento proximal. En el plano de perfil el fémur del conejo está arqueado en sentido anterior. Esto aumenta las posibilidades, sobre todo a cielo cerrado sin control de scopia, de colocar los tornillos cerca o en la misma cortical.

La colocación de los tornillos a nivel del centro de la diáfisis provoca fisuras en el fémur tanto proximales como distales. Es importante colocarlos a cielo abierto para evitar las corticales, tanto anterior como posterior.

La osteotomía completa, con sierra vertical o parcial, completada con una manual, provoca polifracturas a nivel proximal en el momento quirúrgico en el 33,33% de los casos.

El 100% de las fisuras de fémur de los grupos A y B pasaron en 24 horas a fracturas. Faltaba evidentemente una síntesis interna que lo impidiera, pues la movilidad brusca del conejo por la jaula lo provoca.

La sierra circular con velocidad regulable disminuye las complicaciones de fracturas, pero el vástago corto dificulta el momento de la osteotomía. Consiguiendo un vástago más largo que se acople al motor solucionamos esta complicación.

Un alambre circular a ambos lados de la osteotomía, y a 0,5 cms. de la misma, impide el paso de fisura a fractura. Pero éste debe colocarse antes que los tornillos y antes de practicar la osteotomía. Este alambre fue el elegido como síntesis interna y además nos marcaba desde el punto de vista radiológico la zona desperiostizada. El calibre fino del mismo no alteraba el corte longitudinal de la zona a estudiar histológicamente.

Un único caso de muerte súbita ocurrió en el conejo nº 8. Revisando posibles causas, se llegó a la conclusión de que fue por una suma de hechos. Se operó el mismo día que llegó al estabulario, practicándole una osteotomía bilateral. El traslado desde las granjas de cría al centro experimental tiene una duración de 24 horas. Éste se hace

en una caja de pequeñas proporciones y sin alimentos, lo que crea un estrés. Si al estrés del traslado le añadimos la agresión de la intervención quirúrgica, condicionamos mucho el estado general del conejo. Hay que añadir que en estos casos no dábamos analgesia postoperatoria.

Los únicos trabajos localizados de alargamiento de extremidades en el conejo, con osteotomía y utilizando un fijador monolateral, son los de **KOJIMOTO (1988)**, y **YASUI (1991)**, ambos del mismo Departamento de Ortopedia. Utilizan el mismo tipo de tornillos y de fijador externo para realizar el alargamiento a nivel de la tibia derecha del conejo. Para practicar la osteotomía utilizan una sierra manual. Otro trabajo es el de **WHITE (1990)** que emplea un fijador externo doble unido por clavos transfixiantes en las tibias del conejo.

En las tibias de los conejos sacrificados se colocaron postmortem los tornillos autorroscantes, obteniéndose en el momento de colocarlos un porcentaje de fracturas y fisuras ligeramente inferior al del fémur.

La duda estaba en si era problema del tipo de conejo utilizado, o de la técnica en sí. Pero la ausencia de trabajos en la bibliografía con osteotomía, ante la presencia numerosa por distracción fisaria en el fémur de conejo -**HOUGHTON (1980), DE BASTIANI (1986), VAN ROERMUND (1987), NAKAMURA (1991), ELMER (1992)**- hacía suponer que la osteotomía diafisaria media era la gran causa que provocaba el paso de mínimas fisuras a fracturas, haciendo fracasar el método seguido.

Las complicaciones por la técnica de colocación de los tornillos en la diafisis incurvada del fémur de conejo no están descritas. Si además le añadimos una osteotomía diafisaria media, estas complicaciones aumentan. Todo esto nos llevó a realizar este trabajo experimental, para obtener una metodología de estudio de las elongaciones de fémur del conejo.

Este estudio previo llevó a una serie de conclusiones validas para poder llevar a termino esta tesis con los objetivos marcados previamente.

Conclusiones

-Los tornillos autorroscantes de 2,5 cm de diámetro hay que colocarlos lo mas centrales posibles en el plano de perfil, en el fémur del conejo.

-La colocación de tornillos debe ser a cielo abierto, en ausencia de escopia.

-El primer tornillo colocado a nivel del trocánter mayor, y el cuarto a 4,7 cms. más distal, dejan al 2º y 3er tornillos lejos de las corticales anterior y posterior del fémur del conejo.

-Es imprescindible la colocación de una síntesis interna para evitar la progresión de las fisuras y dar una mayor estabilidad a la fijación externa. Esta síntesis consiste en un alambre circular en cada segmento de fémur a unos 0,5 cm de la osteotomía y a 0,65 cms. del tornillo más proximal a la osteotomía.

- La osteotomía practicada con una minisierra circular eléctrica, con velocidad graduable y con un vástago largo acoplable al motor, es la preferible.

-El conejo debe adaptarse al estabulario antes de una intervención quirúrgica de alargamiento bilateral de fémur.

-Es muy importante el estudio radiológico a los 8 días para detectar las fracturas que se producen en esta primera semana aunque, clínicamente, es muy valorable la falta de uso en caso de fracturas supracondileas de fémur y la colocación en abducción y rotación interna del muslo en fracturas diafisarias de fémur con pérdida de la estabilidad del fijador externo.

5 HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Actualmente las elongaciones de segmentos óseos basan el éxito de su consolidación en mantener la máxima integridad del periostio al practicar la corticotomía u osteotomía; en el acto operatorio se procede a su reparación mediante sutura para, de este modo conseguir una consolidación básicamente perióstica. La literatura actual considera que la elongación con el periostio extirpado esta condenada a la no unión, por la interposición de tejido fibroso en el hueco de elongación.

En los servicios de urgencias tenemos fracturas abiertas con pérdida de segmentos óseos acompañada de amplias lesiones del periostio. En su tratamiento, lo esencial desde el punto de vista óseo es intentar conseguir la consolidación, sin valorar a nivel del foco de fractura la corrección de la disimetría producida. Esta corrección se

hace a distancia del foco por transporte óseo, o bien en un 2º tiempo quirúrgico.

La hipótesis de trabajo es que no es necesaria la integridad del periostio para conseguir la consolidación de un alargamiento. Si esto fuera así, en un mismo tiempo quirúrgico se podría conseguir la consolidación de la fractura y la elongación necesaria para evitar el acortamiento.

El objetivo de esta tesis es demostrar que el alargamiento de fémur con resección del periostio puede consolidar en el conejo.

Otros objetivos secundarios son:

-Demostrar si el adhesivo de fibrina a nivel del foco de elongación con ausencia de periostio, entorpece o no la consolidación del alargamiento.

-Establecer una correlación entre la clínica, la radiología y la ecografía, para medir la elongación.

-Demostrar una relación entre la radiología y la histología, para valorar la consolidación del alargamiento.