

Elongación de miembros inferiores. Experiencia en la Clínica Universitaria de Navarra

J. de Pablos* / J. Cañadell*

RESUMEN

Esta publicación trata de explicar cómo y por qué se han desarrollado las distintas técnicas de elongación ósea en el Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Clínica Universitaria de Navarra.

La imprevisibilidad y poca efectividad de la estimulación ósea y la peligrosidad de los métodos de elongación extemporánea han hecho que actualmente se usen fundamentalmente métodos de elongación progresiva. De estos últimos, preferimos la elongación ósea mediante osteotomía metafisaria percutánea con distracción diferida, método que utilizamos tanto para elongaciones óseas simples a cualquier edad como para corrección de deformidades angulares en pacientes maduros. La distracción fisaria la creemos indicada en elongaciones óseas simples, en acortamientos congénitos y para corrección de deformidades angulares en niños inmaduros.

Introducción

Las elongaciones de los huesos largos del esqueleto, especialmente a nivel de las extremidades inferiores, han sido motivo de estudio, experimentación y aplicación clínicas, por parte de los miembros del Dpto. de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Clínica Universitaria de Navarra desde los años 50.

Las condiciones ante las que se han empleado los métodos de elongación ósea han sido básicamente de tres tipos:

1. Dismetrías simples.
2. Hipometría simétrica.

3. Dismetrías asociadas a deformidades angulares.

Dismetrías simples

Indicación del tratamiento

Dado que, hasta la madurez, las disimetrías son un problema dinámico —no estático—, no sólo interesa si la alteración debe ser tratada o no, sino, tanto o más también importa indicar con precisión qué tipo de tratamiento, y cuándo debe ser instaurado. Estas indicaciones están basadas en los siguientes factores:

- edad;
- sexo;
- talla del paciente;
- situación de las articulaciones adyacentes al segmento elongado;
- causa de la disimetría;
- localización de la afectación;
- predicción de la disimetría por los métodos de Green-Anderson¹ y Moseley²;
- disimetría actual;
- otras alteraciones coexistentes con la disimetría.

Además valoramos otros factores subjetivos dentro de los que incluimos la cooperación del paciente, problemas sociales, familiares, tipo de trabajo, aficiones, etc.

Técnicas de elongación

Estimulación del crecimiento óseo

De la multitud de técnicas preconizadas, en nuestro Departamento sólo hemos usado la aplicación local de rayos infrarrojos y la obturación del

canal medular del hueso³, siguiendo la técnica descrita por Trueta⁴. Tanto estas técnicas utilizadas por nosotros, como otras propugnadas y estudiadas por otros autores⁵⁻¹⁷, han sido siempre de resultados pobres e impredecibles por lo que su uso clínico, o no se ha llegado a instaurar en algunos casos o se ha abandonado hace años en otros.

Elongación mediante osteotomía-distracción

El primero de estos métodos utilizado por nosotros, fue el propugnado por Paul le Coeur en los años 60 (Fig. 1)^{18, 19}. Este método de elon-

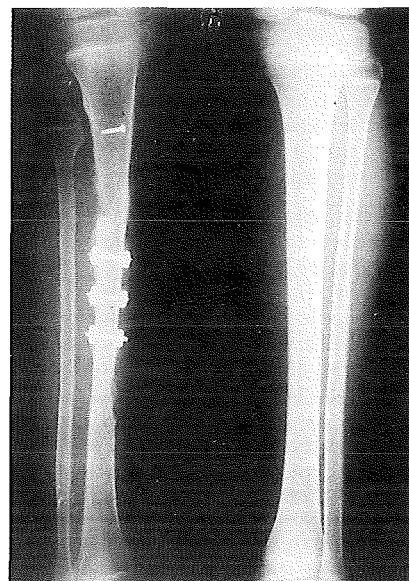


Fig. 1.—Resultado obtenido en una elongación tibial según Paul le Coeur.

* Dpto. de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Clínica Universitaria de Navarra. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona.

gación extemporánea originalmente diseñado para la elongación tibial fue empleado por nosotros en 46 ocasiones (42 en tibia y 4 en fémur) consiguiéndose una media de elongación de 3,5 cm con un máximo de 4,5 cm²⁰. La técnica de Paul le Coeur con la que en general hemos obtenido resultados satisfactorios, presenta un importante inconveniente, común a todos los métodos de elongación extemporánea, que es precisamente la brusquedad en la distracción de los fragmentos óseos. Esto condiciona un sufrimiento inmediato de los tejidos vecinos al segmento óseo elongado, lo que hace que la potencialidad iatrogénica de este método sea alta y por tanto la elongación prevista quede casi siempre limitada. Además, este método exige una técnica quirúrgica muy cruenta lo cual junto con la razón expuesta anteriormente hizo que nos decidiéramos a comenzar con la utilización de métodos de elongación progresiva con distractores externos.

Así, desde el año 1966 adoptamos el método de Abbott^{21, 22} modificado por Anderson²³, con el que hemos realizado 100 elongaciones tibiales (Fig. 2), obteniendo una elongación media de 4,5 cm con un máximo de 6 cm²⁰. Este método, por ser progresivo, minimiza los problemas derivados de la distracción brusca en las elongaciones extemporáneas. Además, la osteotomía percutánea preconizada por Anderson, es en nuestra opinión, un detalle técnico importante que favorece la consolidación del foco de elongación. Los principales inconvenientes de este método son, por otro lado:

- voluminosidad del aparato distractor;
- frecuentes dolores durante el tratamiento;
- no infrecuente desviación de los fragmentos óseos, probablemente debido, como en el punto anterior, a la inadecuada estabilidad del aparato.

Todo ello obliga al paciente a permanecer encamado durante todo el proceso de elongación.

Por estos motivos, abandonamos en el inicio de los años 70 este método de elongación en favor de otros desarrollados posteriormente.

En 1971, Wagner²⁴ publica su método de elongación ósea para fémur y tibia, lo cual constituye uno de los grandes avances en este campo, no tanto por la técnica, como por el aparato que él mismo diseñó. Este último tiene como características positivas fundamentales: poco volumen, gran estabilidad, no transfixión y facilidad de colocación y manejo.

Nosotros comenzamos a utilizar el método de Wagner al inicio de los 70²⁵ y, hasta este momento se han realizado 55 elongaciones femorales

con una elongación media de 6,2 cm (rango 4-12 cm) y 42 elongaciones tibiales con una elongación media de 4,7 cm (rango 3-6, 5 cm) (Figs. 3 y 4).

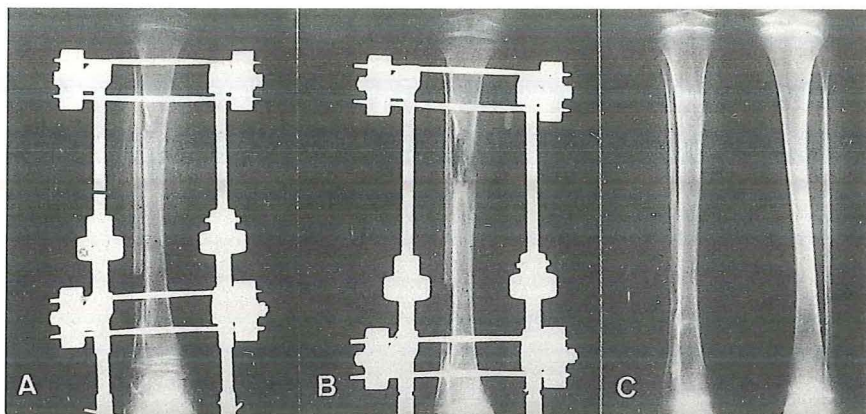


Fig. 2.—Elongación tibial según el método de Anderson con osteotomía oblicua. a) Comienzo de la elongación. b) Elongación obtenida. c) Retubulización después de la consolidación.

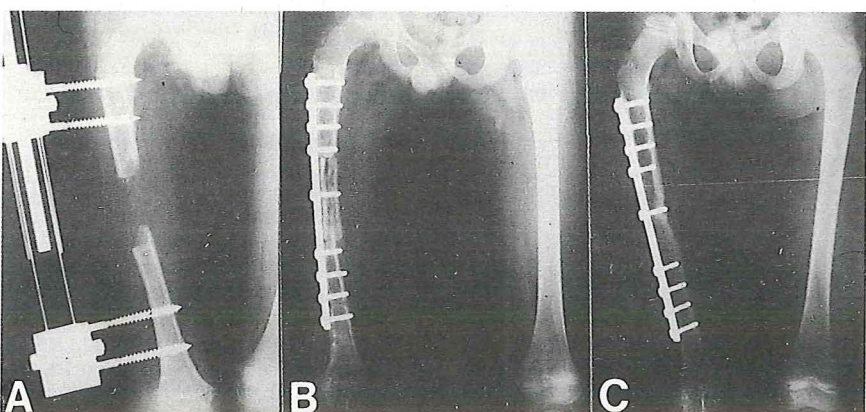


Fig. 3.—Elongación femoral según técnica de Wagner en un niño de 7 años. Secuelas de osteomielitis distal femoral derecha. a) Elongación obtenida. b) Estabilización con placa y colocación de injerto. c) Situación final (consolidación).

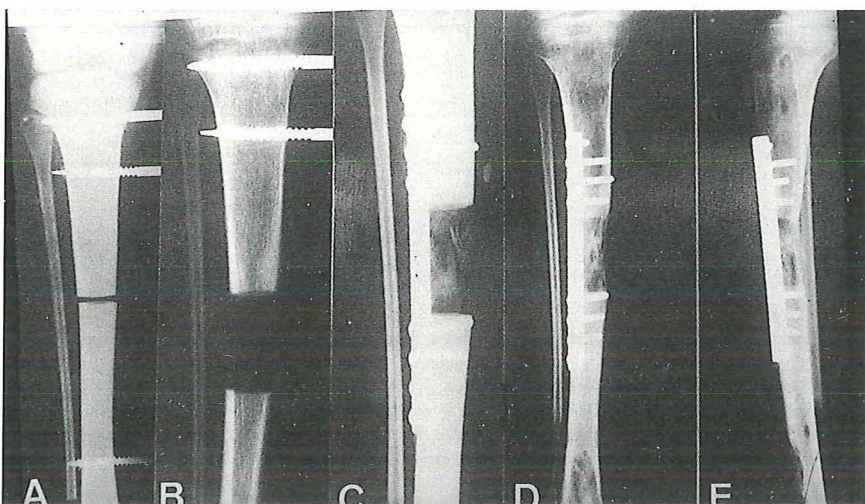


Fig. 4.—Elongación tibial según el método de Wagner en una niña de 14 años. a) Comienzo de la elongación. b) Elongación conseguida (5 cm). c) Estabilización con placa y colocación de injerto. d) y e) Situación a los tres meses en proyecciones AP y L.

En cuanto a la técnica descrita por Wagner, es reseñable, sin embargo, su complejidad—3 intervenciones a nivel del hueso a elongar y 1 en cresta iliaca— si la seguimos estrictamente. Además, la osteotomía preconizada por Wagner, diafisaria y a cielo abierto, en ocasiones —sobre todo en deficiencias congénitas— da serios problemas de consolidación que pueden llegar a necesitar de complejos procedimientos para solucionarlos. De todos modos, en nuestros casos, este método ha dado en general resultados satisfactorios, y, de hecho es el más difundido actualmente en los centros especializados.

Distracción fisaria

Se trata de un método de elongación ósea progresiva basado en la utilización de la fisis como *locus minor resistentiae* a través de la cual y mediante distracción a ambos lados de la misma, conseguir la separación epifisometafisaria y con ello el alargamiento óseo.

Es un método, por tanto, que no necesita de la producción quirúrgica de una solución de continuidad en el

hueso, como hemos visto en los métodos descritos anteriormente. Desde que Ring en 1958²⁶ publicó el primer trabajo experimental al respecto, han sido múltiples las publicaciones experimentales²⁷⁻³⁸ y clínicas, comenzando por las de Zavijalov y Plaskin en 1967 y 1968^{39, 40} y siguiendo por otra serie de autores^{31, 41-50}, que han tratado este tema.

Las principales ventajas de este método son:

- simplicidad y rapidez de aplicación;
- realización en un solo tiempo quirúrgico;
- no necesita de sección quirúrgica de la piel, perióstico, ni hueso;
- gran facilidad de consolidación; no existe necesidad de injertos óseos ni fijación interna;
- ausencia de secuelas estéticas debidas a grandes incisiones cutáneas.

Sin embargo entre los inconvenientes achacables a la distracción fisaria, están:

- las rigideces articulares, generalmente pasajeras en niños menores de 12-14 años, pero más pertinaces en mayores;

- el riesgo potencial de producción de artritis sépticas;
- la posibilidad de cierre del cartílago de crecimiento sobre el que se ha realizado la distracción, con lo cual no sólo el hueso dejaría de crecer a ese nivel sino que tampoco podríamos repetir el método más adelante en caso de necesitarlo.

En un intento de aclarar este último punto, se realizó en nuestro Centro, un trabajo experimental²⁷ en el que también tratábamos de conocer el mecanismo básico por el que se conseguía la elongación mediante distracción fisaria. Al analizar los resultados, observamos que la viabilidad a largo plazo del cartílago de crecimiento era tanto mejor cuanto más baja era la velocidad de distracción empleada. En concreto, en la fisis femoral distal de un cordero de 2 meses de edad (que era el animal empleado en nuestro experimento), mientras a una velocidad de 2 mm/día se observa un importante daño fisario (Fig. 5a), cuando se emplean 0,5 mm/día las diferencias entre el cartílago de crecimiento del lado control y del lado elongado son mínimas o, sobre todo a largo plazo, prácticamente inexistentes (Fig. 5b). En lo referente al meca-

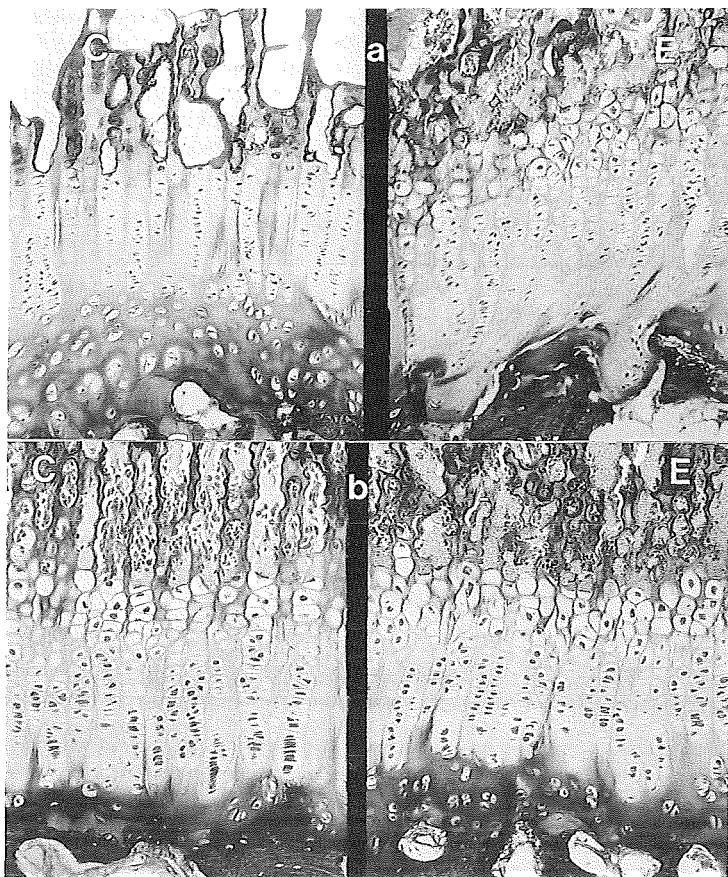


Fig. 5.—Viabilidad del cartílago de crecimiento tras distracción fisaria. C. Lado control. E. Lado elongado. Tricrómico de Masson x 10. a) Distracción de 2 mm/día. b) Distracción de 0,5 mm/día.



Fig. 6.—Fractura fisaria a los 10 días de iniciada la distracción a razón de 2 mm/día. Tricrómico de Masson. Imagen macroscópica. La grieta central es un artefacto de corte.

nismo básico de elongación, hemos observado en todos los casos, independientemente de la velocidad de elongación empleada, cómo se producía una fractura fisaria que permitía mediante la separación progresiva de sus extremos, la elongación ósea (Fig. 6). Estos hallazgos, nos permitían concluir, como repercusión clínica del trabajo, que siempre que la velocidad de elongación sea adecuada, este método permite la elongación ósea sin dañar la fisis y, por tanto, preservando su función. Este hecho comporta la posibilidad de utilizar la distracción fisaria en edades esqueléticas tempranas y repetir el procedimiento en etapas posteriores del crecimiento.

En nuestro Departamento se han realizado 21 elongaciones por distracción fisaria (12 femorales y 9 tibiales) obteniendo unas elongaciones máximas de 12 cm en fémur y 7 cm en tibia (Figs. 7 y 8).

Alargamiento mediante osteotomía percutánea-distracción

Por último, es de reseñar la técnica popularizada actualmente por Ilizarov^{51, 52} y Monticelli⁵³, en que la osteotomía a cielo abierto realizada siguiendo la técnica de Wagner se ve sustituida por una osteotomía percutánea que, aunque con pequeñas variaciones técnicas, ya fue descrita por Anderson²³ y Kawamura^{54, 55}.

Según Ilizarov, la gran ventaja de esta técnica, radica en la preservación

de los vasos medulares seccionando sólo el hueso cortical (de ahí la denominación de corticotomía o compactotomía), lo cual favorece en gran medida la consolidación del foco. Esta afirmación, pensamos que necesita verse apoyada en una base científica mayor de la que las comunicaciones científicas muestran hasta el momento actual⁵², por esta razón nosotros preferimos llamar a esta técnica osteotomía percutánea metafisaria en vez de corticotomía. Entre las características más positivas de este tipo de osteotomía, destacan: simplicidad de realización, mínima morbilidad y gran facilidad de consolidación.

Los aparatos empleados por Ilizarov^{51, 52} y Monticelli⁵³ son de características similares y ambos basados en el diseño del fijador externo circular de Wittmoser⁵⁶.

De todos modos como veremos, pueden emplearse también otros tipos de distractores externos, para éste y otros fines.

Problemática general de la elongación ósea progresiva

Aunque la mayoría de las complicaciones derivadas del uso de los métodos de elongación progresiva pueden ser evitadas, en estas técnicas, por sus características propias, tienden a producirse una serie de alteraciones entre las que destacan:

- infecciones: en el trayecto de los clavos, osteomielitis y artritis sépticas;
- lesiones vasculonerviosas: por tracción o lesión directa;
- rigideces articulares, artrosis;
- luxaciones e inestabilidades articulares;
- alteraciones fisarias por tracción o por presión;
- retrasos de consolidación, pseudoartrosis.

Las bases para minimizar la aparición de estos contratiempos son:

- indicación correcta basada en sólidos principios;
- higiene extremada;
- velocidad de distracción adecuada: nunca más de 1,5 mm/día y excepcionalmente mayor de 1 mm/día;
- distractor suficientemente estable.

Situación actual de la elongación ósea en la Clínica Universitaria

Hace años que hemos abandonado las técnicas de estimulación del crecimiento óseo, así como las de elongación extemporánea en favor de las técnicas de elongación progresiva.

El mejor distractor será el que reúna las condiciones más favorables de estabilidad, comodidad de colocación y manejo postoperatorio, mínimos volumen y peso, calidad de vida aceptable durante la elongación y versatilidad sobre todo en lo referente a su uso en la

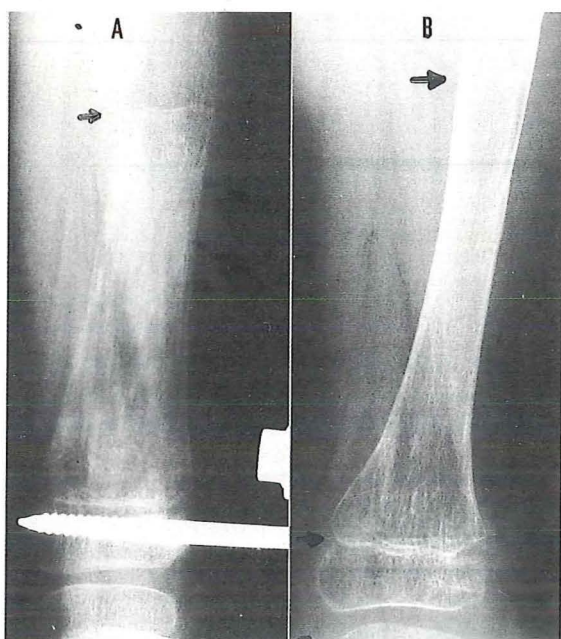


Fig. 7.—Distracción fisaria distal femoral en una niña de 7 años. a) Durante la distracción. b) Resultado final a los seis meses de iniciada la elongación. Alargamiento de 12 cm.

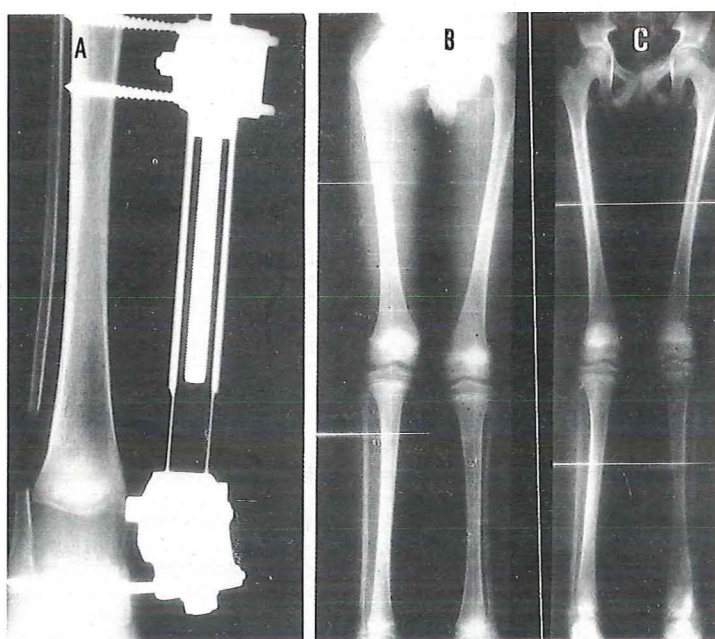


Fig. 8.—Elongación tibial mediante distracción fisaria distal con aparato de Wagner modificado. a) Durante la elongación. b) Extremidades completas preoperatoriamente. c) Extremidades completas a los seis meses de finalizado el tratamiento.

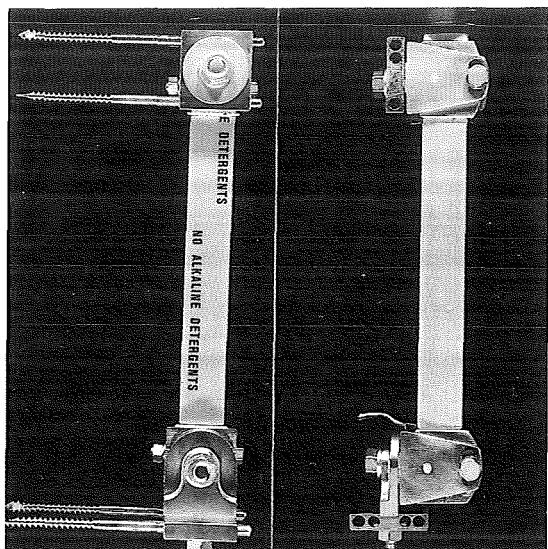


Fig. 9.—Aparato de Wagner modificado por Cañadell.

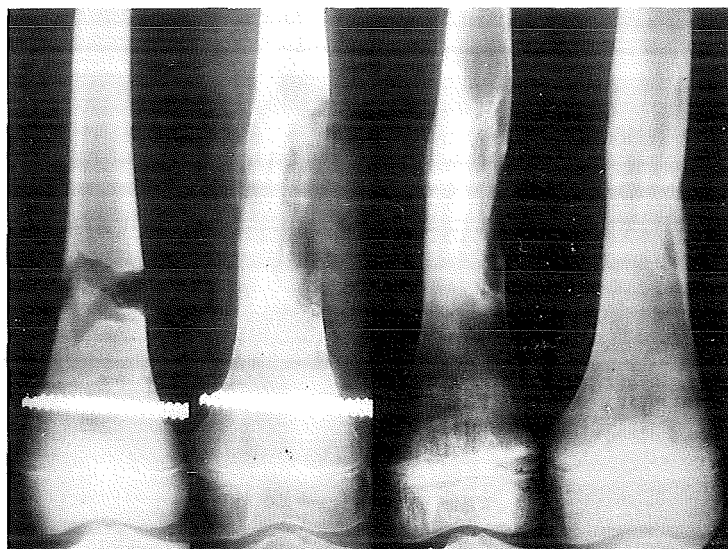


Fig. 10.—Imagen seriada de alargamiento femoral mediante osteotomía percutánea distal. Entre la primera y la última imagen hay un intervalo de 10 meses.

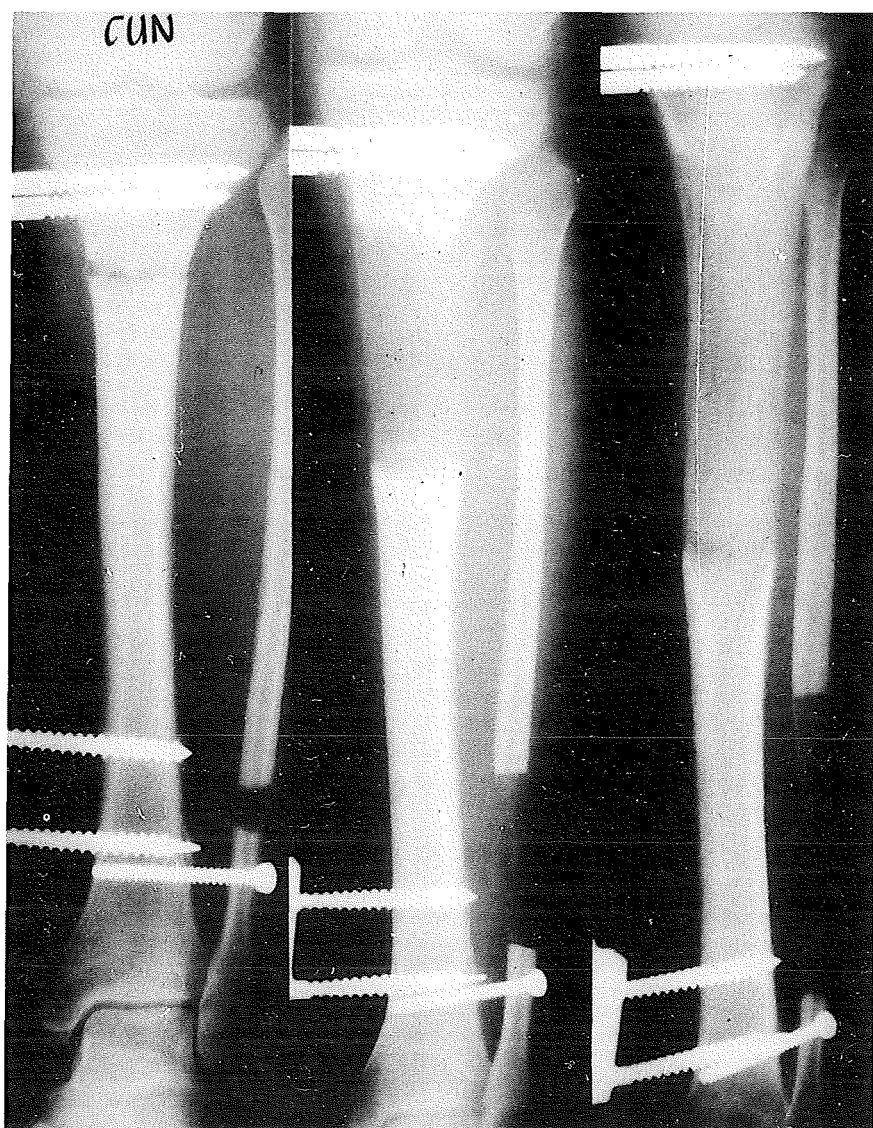


Fig. 11.—Imagen seriada de alargamiento tibial mediante osteotomía percutánea proximal.

distracción fisaria y elongaciones a nivel metafisario.

En nuestra opinión, el aparato de Wagner al que Cañadell ha añadido varias modificaciones que aumentan su versatilidad²⁰, es el que más ventajas reúne y el que usamos habitualmente (Fig. 9). De entre las modificaciones introducidas, las más reseñables son las que permiten hacer perpendiculares los planos de anclaje de los tornillos y la que posibilita la dinamización axial del aparato, aspecto este último que es motivo de investigación actualmente en nuestro Departamento.

La técnica debe ser eficaz, sencilla, de fácil y constante consolidación y, en lo posible exenta de complicaciones. En cuanto a facilidad de consolidación, el método más ventajoso es la distracción fisaria, seguido de las elongaciones mediante osteotomía percutánea metafisaria. Por ello, y dado que es más cruenta y compleja que las anteriores, hemos abandonado la osteotomía diafisaria a cielo abierto propugnada por Wagner. Sólo en caso de que sea la única solución posible (como en la enfermedad de Ollier) utilizamos osteotomía diafisaria pero siempre intentamos realizarla percutáneamente.

Para las elongaciones simples empleamos la osteotomía percutánea metafisaria preferentemente, por la razón básica de encontrarnos algo más distanciados de la articulación que en la distracción fisaria. De todos modos para alargamientos simples usamos distracción fisaria como método de elección, en casos que con frecuencia dan problemas de consolidación, como los acortamientos congénitos del tipo de los defectos focales femorales proximales. De modo empírico tras la

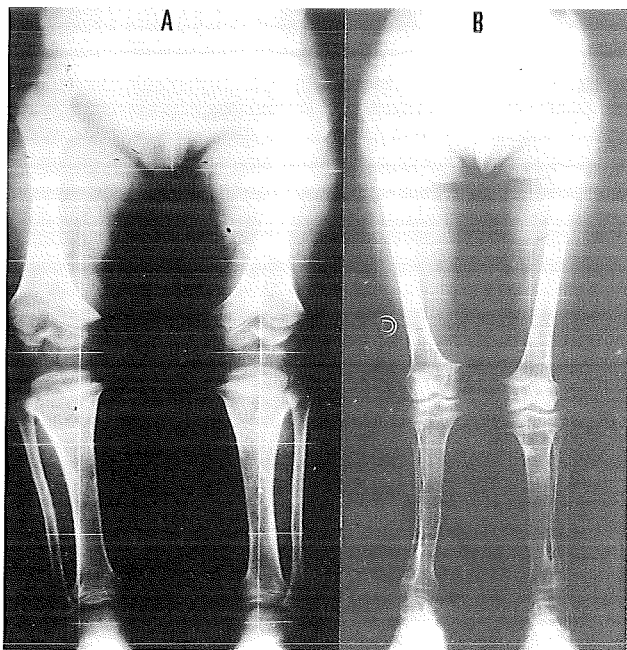


Fig. 12.—Elongación femoral y tibial en paciente acondroplásico siguiendo la técnica de Wagner. a) Preoperatorio. b) Resultado final.

osteotomía percutánea metafisaria esperamos 2-3 semanas para comenzar la distracción sobre un callo fibroso en vez de hacerlo sobre un hematoma. En definitiva, nuestra tendencia actual es la utilización de osteotomía percutánea metafisaria (o próxima a la metafisis) con distracción diferida, y, según el resultado de nuestras investigaciones, con dinamización axial del foco de elongación empleando el aparato de Wagner modificado.

Este método, ha sido empleado en la Clínica Universitaria de Navarra en 42 casos [18 fémur (Fig. 10) y 24 en tibia (Fig. 11)], con elongaciones máximas de 14 y 12 cm respectivamente.

Hipometrias simétricas

Dentro de éstas, la enfermedad más tratada con diferencia es la acondroplasia.

Desde hace años se mantiene la discusión sobre si merece la pena o no la elongación ósea en estos pacientes. Ciertamente, los estigmas acondroplásicos no varían por muy aceptable que quede la longitud del miembro. Sin embargo, también es un hecho comprobado que, psicológicamente para muchos de estos niños es de suma importancia ser más altos aunque externamente siga siendo notoria su condición de acondroplásicos. Nuestra experiencia con el método de Wagner ha sido, en estos pacientes, favorable por lo que, siempre previo estudio psicológico, la recomendamos con frecuencia (Fig. 12).

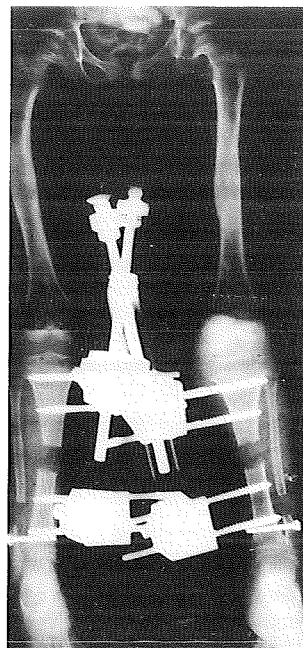


Fig. 13.—Elongación simétrica tibial según Wagner en un niño acondroplásico. Previamente se habían elongado ambos fémures también simétricamente.

En general, cuando la elongación está indicada, preferimos hacerlo simétricamente, es decir, ambos fémures o ambas tibias al mismo tiempo (Fig. 13). Este método tiene la ventaja de que ante cualquier eventualidad que nos haga suspender la elongación en uno de los huesos, el hueso contralateral se encontrará con la misma longi-

tud y por lo tanto ambas extremidades también. Esto no ocurre elongando ambos huesos de la misma extremidad al mismo tiempo, donde además, en el mejor de los casos, el niño presentará una más o menos importante dismetría de extremidades inferiores desde el principio hasta el final del tratamiento, lo cual dificultará ostensiblemente



Fig. 14.—Imagen radiográfica obtenida durante el alargamiento femoral de un paciente acondroplásico según la técnica tradicional de Wagner. Obsérvese la imagen denotadora de la gran actividad osteogénica a nivel del segmento elongado.

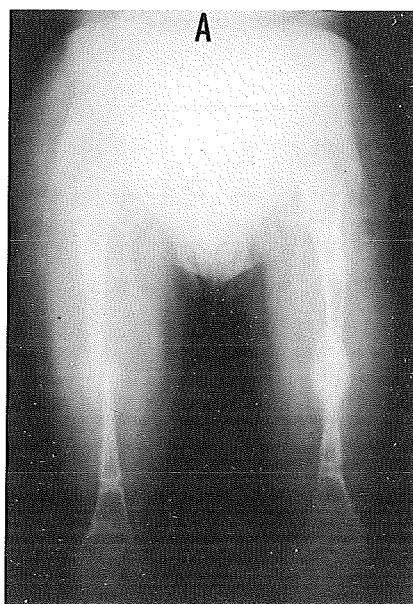


Fig. 15.—Fractura femoral a nivel de ambos segmentos óseos elongados en un paciente acondroplásico. a) 15 días post-fractura. b) Resultado final 2 meses y medio después.

su actividad cotidiana durante el mismo.

Dos características dignas de mención en el alargamiento óseo en acondroplásicos, son la facilidad con que se consigue la elongación propiamente dicha por un lado y la gran capacidad osteogénica observada en el segmento elongado, por otro (Fig. 14). Efectivamente, aunque la técnica empleada en la elongación no sea la más favorable para ello (p. ej., osteotomía diafisaria "a cielo abierto"), la osificación del segmento elongado suele ser, en acondroplásicos, suficientemente satisfac-

toria como para no necesitar gestos complementarios tales como aporte de injerto y fijación interna (usuales en la técnica de Wagner). Incluso hemos observado cómo en los esporádicos casos en que se ha fracturado el segmento óseo elongado al retirar el fijador (quizá demasiado precozmente), se ha estimulado la producción de un callo hipertrófico, lo que difícilmente se da en elongaciones de otros tipos de hueso (Fig. 15). Aunque, como decimos, la experiencia con las osteotomías diafisarias "a cielo abierto" no ha sido desfavorable, ahora, como para

las elongaciones en dismetrias simples, y con un objetivo primordial de aunar criterios, la tendencia es de utilizar osteotomías percutáneas metafisarias con comienzo diferido de la distracción y dinamización del foco, siempre que sea posible (Fig. 16).

En algunos casos con hipometrias simétricas de otro tipo, hemos empleado osteotomía percutánea pero a nivel diafisario cuando el tamaño y las características del hueso así lo han aconsejado (Fig. 17).

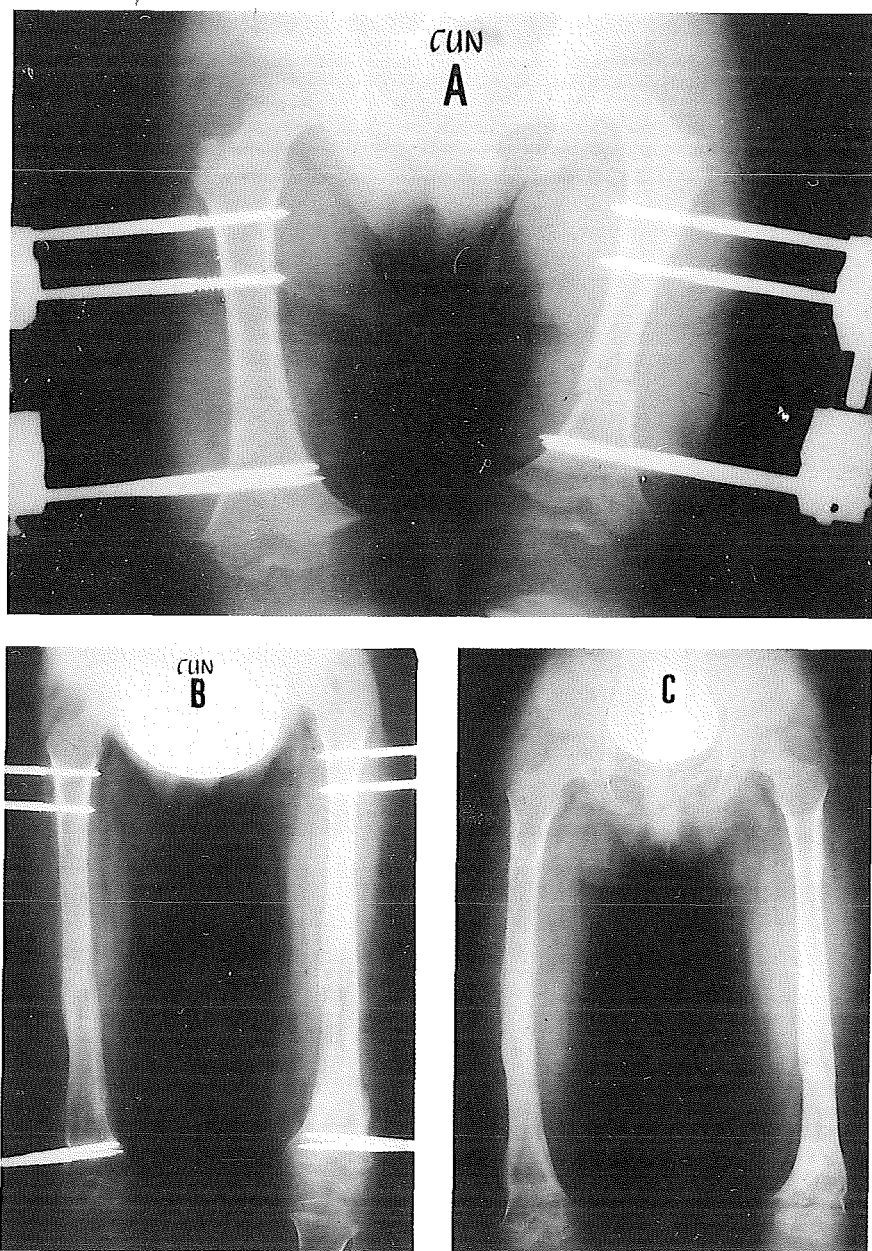


Fig. 16.—Elongación ósea mediante osteotomía percutánea metafisaria en una niña acondroplásica. a) Postoperatorio inmediato. b) Justo al final de la distracción. c) Resultado final, 10 meses después de iniciado el tratamiento. Alargamiento conseguido: 11 cm en cada fémur.

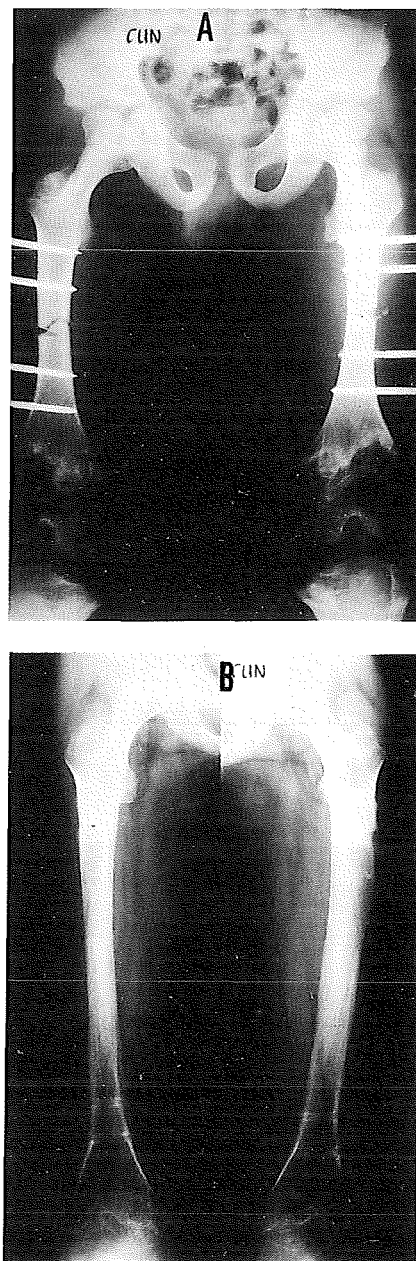


Fig. 17.—Elongación ósea mediante osteotomía percutánea diafisaria en paciente con condrodíplasia metafisaria tipo Schmid. a) Postoperatorio inmediato. b) Resultado final tras 10 cm de alargamiento a los 9 meses de iniciado el tratamiento.

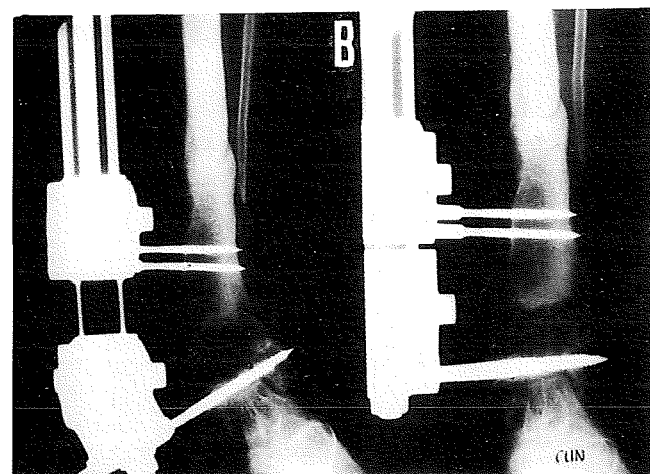
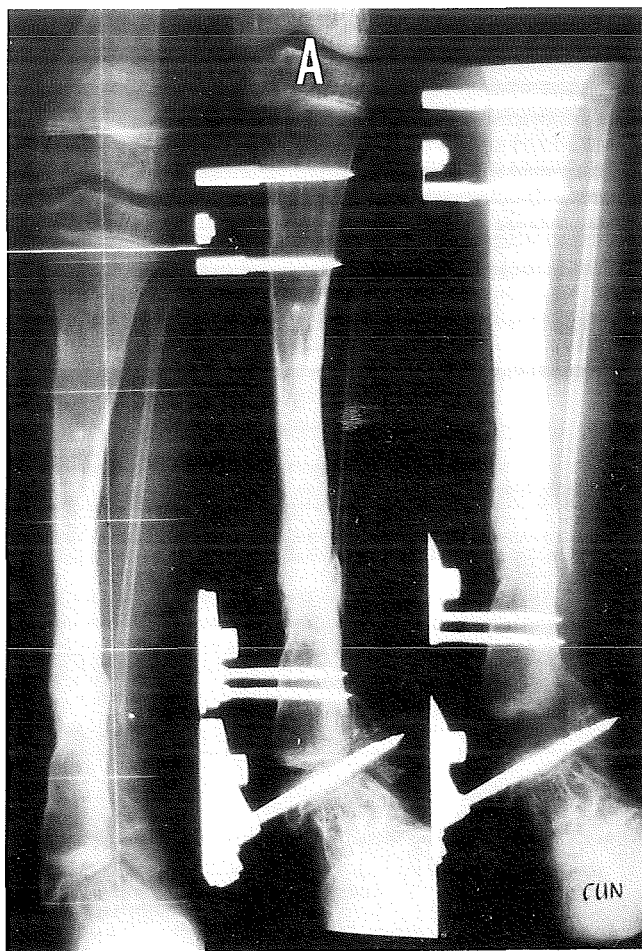


Fig. 18.—a) Montaje especial con el aparato de Wagner para realizar distracción fisaria tibial distal ponteando un foco de pseudoartrosis congénita ya consolidada. b) Tras la distracción (izda.) corrección de la desviación angular epifisaria (dcha.).

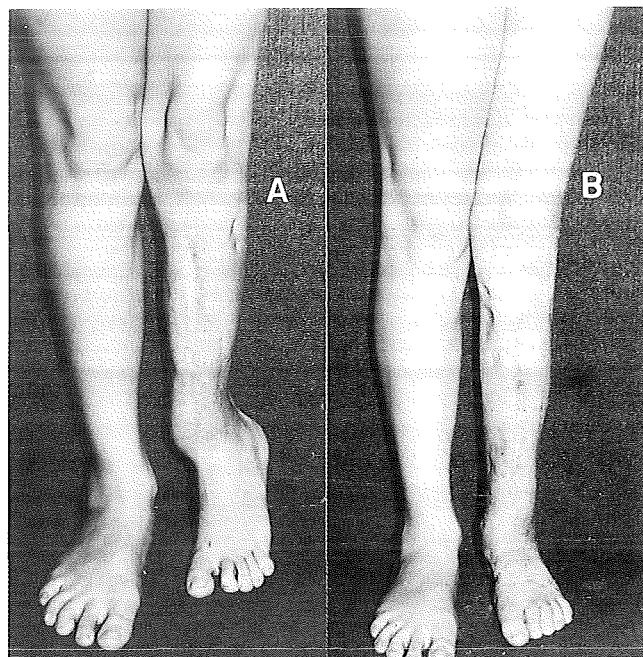


Fig. 19.—Aspecto externo de ambas piernas en el mismo caso de la figura anterior. a) Preoperatorio. b) Después del tratamiento.

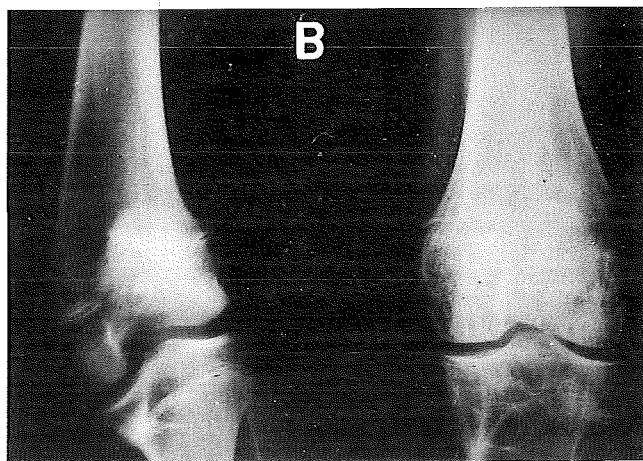
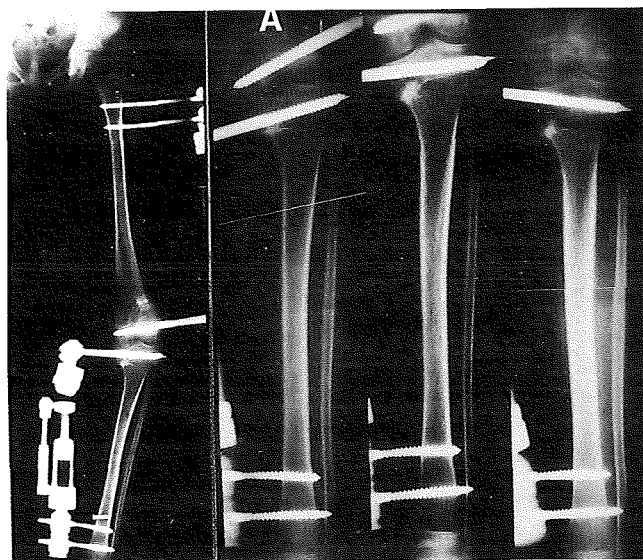


Fig. 20.—Corrección de deformidad angular en valgo femoral distal y varo tibial proximal mediante distracción fisaria. a) Distintas fases del tratamiento. b) Antes (izda.) y después (dcha.) de la corrección.

Deformidades angulares

Las deformidades angulares de los huesos largos, especialmente cuando están asociadas a acortamientos de los mismos, con frecuencia, vienen siendo tratadas en nuestro Departamento mediante métodos habitualmente empleados en la elongación ósea simple.

Pacientes inmaduros

Tanto nosotros como otros autores^{49, 57} venimos empleando la distracción fisaria para tratar las deformidades y acortamientos de los huesos largos, en casos en los que no existen puentes óseos (Figs. 18 y 19). Basados en esta experiencia y en otros trabajos experimentales⁵⁸⁻⁶⁰ llevamos unos años tratando también con este mismo método los acortamientos y deformidades debidos a la existencia de puentes óseos sin realizar la resección de los mismos, con resultados muy alentadores⁶¹ (Fig. 20). De todos modos, dado que todavía no tenemos datos experimentales sólidos sobre la recurrencia de puente y/o la deformidad indicamos, por el momento, esta técnica en niños cercanos a la madurez. Después de los experimentos que se

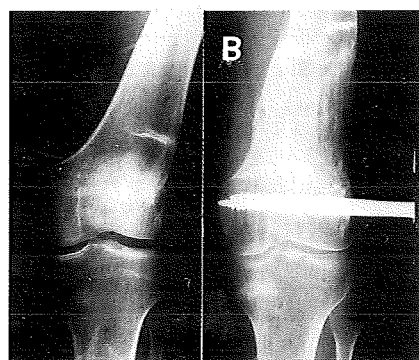
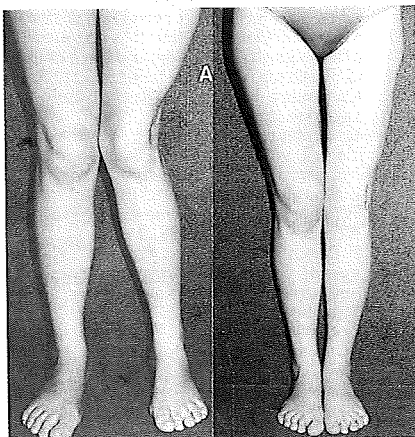


Fig. 21.—Paciente con deformidad femoral distal izquierda en valgo, tratada mediante osteotomía percutánea metafisaria. a) Aspecto externo antes y después del tratamiento. b) Imagen radiológica antes y después de la corrección angular y alargamiento conseguidos.

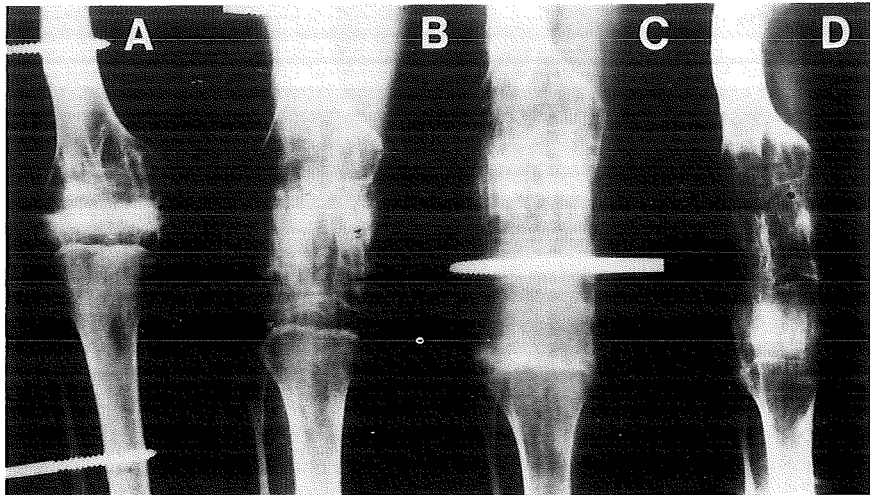


Fig. 22.—Elongación de 13 cm a nivel de una artrodesis de rodilla derecha. a) Postoperatorio inmediato. b) Elongación del foco de artrodesis. c) Distracción fisaria tibial proximal. d) Resultado final.

llevan a cabo actualmente en el laboratorio de cirugía experimental de la Clínica Universitaria de Navarra esperamos poder concretar si la indicación de este método puede ser razonablemente ampliada a niños más jóvenes, o no.

Pacientes maduros

En estos casos, como alternativa a tratamientos más tradicionales (osteotomías correctoras) y sobre todo como decimos en casos de acortamiento asociado, recomendamos la osteotomía percutánea metafisaria y distracción-corrección ulterior con aparato de Wagner modificado (Fig. 21).

Casos particulares

Las múltiples posibilidades que brindan los métodos de elongación han hecho que, tratando siempre de mantener unos sólidos principios, hayamos ido aplicando dichas técnicas en las que, sin la experiencia actual no las habríamos utilizado.

Por ejemplo, citaremos la posibilidad de elongación aprovechando una artrodesis de rodilla (Fig. 22) o aprovechando una fractura fortuita en un miembro previsto para elongar en un futuro próximo. También, aquí podemos citar los alargamientos de tibia sin osteotomizar el peroné en los casos en que hay discrepancia en la longitud de ambos huesos por alargamiento relativo del peroné con respecto a la tibia (Fig. 23).

En definitiva, podríamos decir que las posibilidades de los métodos de elongación-corrección ósea son muy variadas. La indicación basada en sólidos principios nos ayudará, sin embargo, a no excedernos en la aplicación de los mismos al tiempo que a no

desaprovechar el gran potencial terapéutico, que como hemos comentado, nos ofrecen.

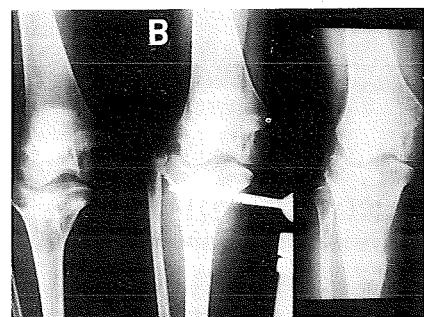
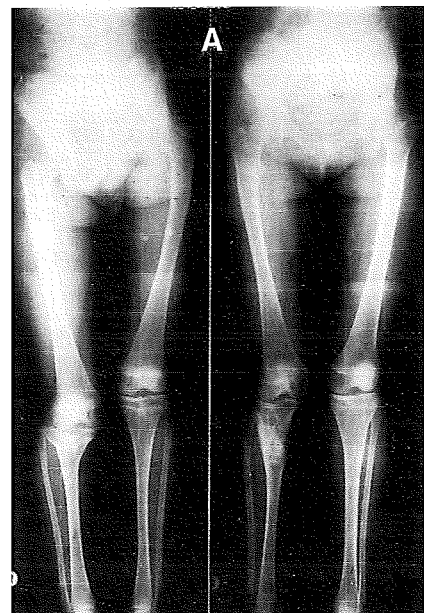


Fig. 23.—Acortamiento tibial derecho asociado a varo proximal y ascenso del peroné homolateral. Corrección mediante osteotomía percutánea metafisaria sin osteotomía del peroné. a) Aspecto radiológico de las extremidades inferiores antes y después de la corrección. b) Varias fases del tratamiento.

Bibliografía

- Anderson M, Green WT y Messner MB. Growth and predictions of growth in the lower extremities. *J Bone Joint Surg* 45-A: 1-14, 1963.
- Moseley CF. A straight-line graph for leg-length discrepancies. *J Bone Joint Surg* 59-A: 174-179, 1977.
- Cañadell J. *Lesiones del cartilago de crecimiento*. EUNSA, Pamplona 1976.
- Trueta J y Morgan JD. The vascular contribution to osteogenesis. I. Studies by the injection method. *J Bone Joint Surg* 42-B: 97-112, 1960.
- Agerholm J. The zig-zag osteotomy. *Acta Orthop Scand* 29: 63-82, 1959.
- Barr JS, Stinchfield AG y Reidy JA. Sympathetic ganglionectomy and limb length in poliomyelitis. *J Bone Joint Surg* 32-A: 793, 1950.
- Bertrand P y Trillat A. Le traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs pendant la croissance. *Rev d'Orthop* 34: 264-282, 1948.
- Blount WP. *Fractures in children*. Williams-Wilkins Co, Baltimore 1954, p. 126.
- Bohlmann HR. Experiments with foreign materials in the region of the epiphyseal cartilage plate of growing bones to increase their longitudinal growth. *J Bone Joint Surg* 11: 365-381, 1929.
- Carpenter EB y Dalton JB Jr. A critical evaluation of a method of epiphyseal stimulation. Follow-up notes on article previously published. *J Bone Joint Surg* 45-A: 642-651, 1963.
- Compere EL y Adams CO. Studies of the longitudinal growth of long bones; the influence of trauma to the diaphysis. *J Bone Joint Surg* 19: 922-943, 1937.
- Crilly RG. Longitudinal overgrowth in chicken radius. *J Anat* 112: 11-18, 1972.
- Doyle JR. Stimulation of bone growths by short-wave diathermy. *J Bone Joint Surg* 45-A: 15-30, 1963.
- Harris RI. The effect of lumbar sympathectomy on the growth of legs shortened from anterior poliomyelitis. A preliminary report. *J Bone Joint Surg* 12: 859-884, 1930.
- Hutchinson WJ y Burdeux BD. The influence of stasis on bone growth. *Surg Gynec Obstet*, 99: 413-422, 1954.
- Keck SW y Kelly PJ. The effect of venous stasis on intraosseous pressure and longitudinal bone growth in the dog. *J Bone Joint Surg* 47-A: 539-544, 1965.
- Kessel L. Annotations on the etiology and treatment of tibia vara. *J Bone Joint Surg* 52-B: 93-99, 1970.
- Le Coeur P. Egalisation des membres inférieurs par ostéotomie d'allongement et fixation immédiate. *Rev Chir Orthop* 48: 500-502, 1962.
- Le Coeur P. Egalisation des membres inférieurs par allongement avec fixation immédiate. *Rev Chir Orthop* 49: 216-227, 1963.
- Cañadell J. Sobre el aumento de versatibilidad y ampliación de las posibilidades de un fijador externo monolateral en Traumatología y Ortopedia. *Rev Ortop Traum* 30IB: 477-480, 1986.
- Abbott LC. The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg* 9: 128-152, 1927.
- Abbott LC y Saunders JB. The operative lengthening of the tibia and fibula. A preliminary report on the further development of the principles and technic. *Ann Surg* 110: 961-991, 1939.
- Anderson WV. Leg lengthening. *J Bone Joint Surg* 34-B: 150, 1952.
- Wagner H. Operative Beinverlängerung. *Der Chirurg* 42: 260-266, 1971.
- Beguiristain JL, Gúrpide C, Oriáfo A y Cañadell J. Consideraciones sobre nuestra experiencia en elongación de fémur y tibia según el método de Wagner. *Rev Ortop Traum* 23-IB: 227-230, 1979.
- Ring PA. Experimental bone-lengthening by epiphyseal distraction. *Br J Surg* 49: 169-173, 1958.
- De Pablos J, Villas C y Cañadell J. Bone lengthening by physal distraction. An experimental study. *International Orthopaedics (SICOT)* 10: 163-170, 1986.
- Fishbane BM y Riley LH. Continuous transphyseal traction. A simple method of bone lengthening. *Johns Hopkins Med J* 138: 79-81, 1976.
- Fishbane BM y Riley LH. Continuous transphyseal traction: experimental observation. *Clin Orthop Rel Res* 136: 120-124, 1978.
- Houghton GR y Duriez J. Allongement tibial par elongation du cartilage de croissance tibiale supérieur. Etude expérimentale chez le lapin. *Rev Chir Orthop* 66: 351-356, 1980.
- Ilizarov GA y Soybelman LM. Some crevice and experimental data on the bloodless lengthening of lower limbs. *Exp Khir Anest* 4: 27-32, 1969.
- Ilizarov GA, Soybelman LM y Chirkova AM. Some roentgenographic and morphological data on regeneration of bone tissue in experimental distraction epiphysiolysis. *Ortop Traumatol Protez* 31: 26-45, 1970.
- Jani L. Tierexperimentelle Studie Über Tibiaverlängerung durch Distractionepiphysiolyse. *Z Orthop* 111: 627-630, 1973.
- Jani L. Die distractionepiphysiolyse. Tierexperimentelle Studie zum Problem der Beinverlängerung. *Z Orthop* 113: 189-198, 1975.
- Letts RM y Meadows L. Epiphysiolysis as a method of limb lengthening. *Clin Orthop Rel Res* 133: 230-245, 1978.
- Monticelli G y Spinelli R. Comunicación personal. Jornadas Italianas sobre el fijador externo. Venecia (Italia) 1979.
- Monticelli G y Spinelli R. Distraction epiphysiolysis as a method of limb lengthening. I. Experimental study. *Clin Orthop Rel Res* 154: 256-261, 1981.
- Monticelli G, Spinelli R y Bonucci E. Distraction epiphysiolysis as a method of limb lengthening. II. Morphologic investigations. *Clin Orthop Rel Res* 154: 262-273, 1981.
- Zavijalov PV y Plaskin JT. Elongation of crural bones in children using a method of distraction epiphysiolysis. *Vestn Khir Grekova* 103: 67-82, 1967.
- Zavijalov PV y Plaskin JT. Distraction epiphysiolysis in lengthening of the lower extremity in children. *Khirurgija* 44: 121-137, 1968.
- Bensahel H, Huguerin Ph y Brard JL. L'allongement trans-épiphyseaire du tibia. A propos d'un cas. *Rev Chir Orthop* 69: 245-247, 1983.
- Berchiche R y Witte KF. Allongement du squelette jambier par épiphysiolysedistraction. Traitement des inégalités des membres inférieurs. *Acta Orthop Belg* 49: 321-331, 1983.
- Eydelstein BM, Udalova NF y Bochkarev GF. Dynamics of reparative regeneration after lengthening by the method of distraction epiphysiolysis. *Acta Chir Plast* 15: 149-154, 1973.
- Fischenko PJ, Sadovefa VI, Karimova LF y Pilipenko NP. Roentgenographic imaging of the regenerate formation in distraction epiphysiolysis. *Ortop Traumatol Protez* 37: 29-41, 1976.
- Fischenko PJ, Karimova LF y Pilipenko NP. Distraction epiphysiolysis in congenital shortening of lower extremity. *Ortop Traumatol Protez* 37: 44-62, 1976.
- Monticelli G y Spinelli R. Allongement des membres par distraction épiphysaire. *Rev Chir Orthop* 67: 215-220, 1981.
- Monticelli G y Spinelli R. Limb lengthening by epiphysal distraction. *Int Orthop (SICOT)* 5: 85-90, 1981.
- Monticelli G y Spinelli R. Distraction epiphysiolysis as a method of limb lengthening. III. Clinical applications. *Clin Orthop Rel Res* 154: 274-285, 1981.
- Ricciardi L. Epifisiolisi distrazionale monocompartimentale. *A Ita Ortop Traum* 16: 57-61, 1984.
- Wevdenskogo SP. Distraction epiphysiolysis of crural bones. *Ortop Traumatol Protez* 10: 53-55, 1971.
- Ilizarov GA. Comunicación personal. XXII Convención del Club Italiano AO. Bellagio (Italia) 1981.
- Ilizarov GA. Comunicación personal. I Curso de la A.S.A.M.I. Lecco (Italia) 1983.
- Monticelli G y Spinelli R. Allungamento di arti mediante corticotomia a cielo chiuso. *G Ita Ortop Traum* 9: 139-152, 1983.
- Kawamura B. Leg-lengthening. *Seikeigekagakkai Zasshi* 17: 872, 1966.
- Kawamura B, Hosono S, Takahashi T, Yano T y Kobayashi Y. Limb lengthening by means of subcutaneous osteotomy. *J Bone Joint Surg* 50-A: 851-865, 1968.
- Wittmoser R. *Zür Druckostheosynthese*. Arch Klin Chir 56: 229, 1953.
- Peltonen J, Karaharju E y Alitalo I. Experimental epiphysal distraction producing and correcting angular deformities. *J Bone Joint Surg* 66-B: 598-602, 1984.
- Connolly JF, Huerman W y Ray S. Physal distraction treatment of fracture deformities. *Orthop Trans* 3: 231-232, 1979.
- Connolly JF, Huerman W y Pankaj R. Long term effect of physal distraction. *Orthop Trans* 6: 267, 1982.
- Ray SK, Connolly JF y Huerman W. Distraction treatment of deformities due to physal fractures. *Surgical Forum* 29: 543-546, 1978.
- Cañadell J y de Pablos J. Breaking bone bridges by physal distraction. A new therapeutic approach. *Int Orthop (SICOT)* 9: 223-229, 1985.

BONE LENGTHENING OF INFERIOR MEMBERS. EXPERIENCE IN THE UNIVERSITY CLINIC OF NAVARRE

Summary

The objective of this paper is to explain how and why bone lengthening techniques developed in the Department of Orthopaedic Surgery and Traumatology of the University Clinic of Navarra.

We gave up bone stimulation methods because they were unpredictable and almost not effective; also we abandoned the one-step lengthening methods because they are particularly prone to complications. Now we use almost always progressive lengthening methods among which we prefer bone lengthening by means of metaphyseal percutaneous osteotomy with delayed distraction. Indications for this late method include bone lengthening regardless the age, except for congenital shortening, and correction of angular deformities in mature patients. Physal distraction would be indicated for bone lengthening in congenital shortening and correction of angular deformities always in immature patients.