

Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas

CONVERSIÓN DE UN FIJADOR CIRCULAR EN UN FIJADOR EXTERNO HÍBRIDO

Dr. Sc. Alfredo Ceballos Mesa,¹ Dr. Roberto Balmaseda Manent,² Dr. Roberto Puente Rodríguez³ y Dr. Mario Pedroso Canto³

RESUMEN

Se presentan los resultados de un fijador híbrido desarrollado en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ), que parte de un fijador circular, según la filosofía de *Ilizarov*, pero elaborado con un material plástico de polipropileno. Su conversión en un fijador híbrido es posible, cortando el aro en forma de hemiarco y por el uso de horquillas que permiten el empleo de clavos roscados en diferentes planos y de alambres finos tensados. Se analizaron 44 pacientes con diferentes afecciones complejas. Los resultados fueron favorables. Se obtuvo la consolidación en todos los casos, siendo infrecuentes la pérdida de la configuración del aparato, y los problemas a nivel del trayecto de los alambres o clavos. El tiempo de consolidación fue variable, y dependió del cuadro patológico que dio origen a la intervención. Sin embargo, este tiempo fue parecido al obtenido, cuando se utilizaron fijadores similares. Estos hallazgos permiten concluir sobre la utilidad de este fijador, sencillo de aplicar y de costo más asequible a la economía del país.

Descriptor DeCS: FIJADORES EXTERNOS; HUESOS/cirugía.

Desde que *Lambotte* empleara en 1902 el primer fijador externo descrito, con la utilización de clavos roscados y tornillos para estabilizar la lesión ósea, hasta *Hoffmann* y posteriormente *Vidal*, los fijadores externos utilizados, generalmente se componían de un marco donde se combinaban los clavos roscados con los transfixiantes lisos de un diámetro entre 2 y 3,5 mm, siendo su buena tolerancia, por parte del paciente, una de sus princi-

pales ventajas,¹⁻¹² aunque no garantizaban la adecuada estabilidad del foco lesional.

En 1953, *Ilizarov* introduce en Kurgan (Rusia) el fijador externo circular que se une al hueso mediante alambres transfixiantes finos, semejantes al alambre de *Kirschner* y que se hace necesario tensarlos sobre su eje longitudinal para obtener la rigidez debida. Las principales ventajas del método de *Ilizarov* son la compresión-distracción, la fijación circular

¹ Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Ortopedia y Traumatología. Profesor Titular. Profesor Consultante.

² Especialista de II Grado en Ortopedia y Traumatología.

³ Especialista de I Grado en Ortopedia y Traumatología.

con carga inmediata del miembro operado⁴⁻⁶ y su dinamización.

Sobre la base de estos principios se desarrollaron posteriormente diferentes diseños que constituyen los modernos aparatos de fijación externa. Es por ello, que han surgido los "fijadores híbridos", es decir aquellos que pueden trabajar tanto con alambres finos tensados como con clavos roscados gruesos, de gran utilidad en algunas zonas del cuerpo, al poder trabajar en una conformación lineal o circular.¹²⁻¹⁶

A partir de un fijador externo circular desarrollado en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas en 1986, y confeccionado en polipropileno, material radiotransparente, que trabaja con alambres finos y tensados siguiendo los principios de *Ilizarov*, la plasticidad de su mismo material permite su fácil transformación en fijador híbrido, lo que aumenta sus posibilidades terapéuticas.^{17,18}

El objetivo de este trabajo ha sido analizar los resultados obtenidos por este fijador externo circular convertido híbrido en diferentes afecciones en las que aquel sería mal tolerado, pero que al mismo tiempo eran demasiado complejas para ser tratadas solamente con fijador externo monolateral o con uno circular.

MÉTODOS

A partir de 1986 se desarrolla en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas el fijador externo circular CIMEQ según la filosofía de *Ilizarov*. Las variaciones introducidas a este nuevo sistema fueron el material utilizado, polipropileno radiotransparente y de bajo peso, y el sistema de tensado de los alambres transfixiantes que es incluido en el propio aro, los conectores plásticos y los ejes de unión de duro aluminio. Los datos físico-mecánicos para evaluar las condiciones del fijador externo en el soporte de diferentes esfuerzos fueron comprobados en trabajos anteriores.

La necesidad de utilizar clavos roscados no transfixiantes en algunas zonas del cuerpo como en la parte proximal del fémur o del húmero, añadió el nuevo concepto de "híbrido". Al estar el fijador externo circular realizado en polipropileno, es posible cortar con una sierra oscilante el aro en formas de $\frac{3}{4}$ o hemiaros, sin que se pierdan las características de estabilidad, flexibilidad y rigidez del material. El empleo de los clavos roscados no transfixiantes es posible mediante el uso de hor-

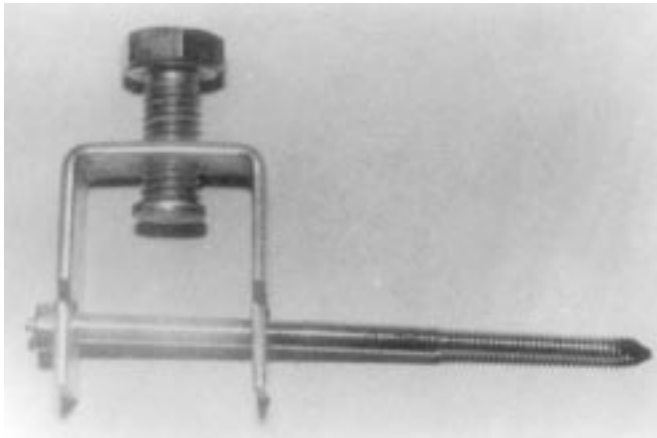


FIG. 1. Clavo roscado adaptado a una horquilla en U.

quillas de acero inoxidable AISI en forma de U, que en el extremo de sus ramas verticales lleva un orificio circular de diámetro 6 mm y que en su rama longitudinal lleva un tornillo que permite ajustarla a la cara plana del aro (fig.1). De este modo es posible convertir con gran facilidad, un sistema circular en un sistema "híbrido" con varios planos para la penetración de clavos roscados de 2,5 hasta 6 mm, similares a los utilizados por otros sistemas no transfixantes en zonas de metafisis y alambres finos tensados en otras (fig.2).



FIG. 2. Sistema híbrido para fractura de húmero.

En este centro se ha aplicado fijación externa híbrida a 44 pacientes con afecciones complejas en los que se requería de la aplicación de fijación externa, pero un fijador externo circular iba a ser difícil de tolerar por parte del paciente (tabla1).

TABLA 1. Afecciones y pacientes tratados (N=44)

Afecciones	N
FÉMUR	
Fracturas extremidad proximal	7
Fracturas diafisarias abiertas	4
Pseudoartrosis infectadas	8
Elongación femoral	3
Total	22
TIBIA	
Elongación tibial distal	4
Transportación ósea	6
Total	10
PIE	
Corrección pie equino-varo	3
Alargamiento pie	1
Total	4
HÚMERO	
Fractura cuello humeral	1
Fracturas diafisarias abiertas	4
Pseudoartrosis	3
Total	8

La técnica fue la habitual para este tipo de fijadores. El campo operatorio incluye las articulaciones vecinas que permiten algún grado de movilidad. El tamaño de los aros fueron los adecuados, de forma que no quedasen holgados para no provocar inestabilidad, ni muy ceñidos para evitar compresión sobre las partes blandas. Con cuidado de no arrugar la piel y tras precisar el lugar anatómico de la penetración, los alambres finos fueron introducidos bien de modo manual o con motor, en cuyo caso las revoluciones fueron aplicadas de modo intermitente para no generar problemas térmicos por la fricción alambre-hueso. Atravesada la segunda cortical, se detuvieron las rotaciones y se finalizó la transfixión del alambre a golpe de martillo, de forma que atravesase las partes blandas sin rotación, con el fin de reducir la incidencia de daño de éstas.

En los pliegues de flexión y segmentos proximales de los miembros. Los aros fueron cortados para favorecer la movilidad articular; para ello, con el aro ya fijado, es cortado con una sierra oscilante. Mediante el uso de las horquillas anteriormente citadas, se procedió a la penetración manual de los clavos roscados en diferentes planos en las metafisis proximales de fémur y húmero. La corticotomía en transporte óseo o en elongaciones fue realizada según la técnica original de *Ilizarov*.¹⁰ No se emplearon injertos óseos en ninguno de los pacientes, y se aplicó antibioterapia en las fracturas abiertas y las pseudoartrosis infectadas, en dependencia del germen.

El tratamiento posoperatorio es el habitual utilizado en la cirugía de fijación externa, en dependencia del tipo de afección. El área de contacto alambre o clavo roscado con la piel es cubierto con apósitos embebidos en soluciones antisépticas sostenidos por vendajes o aditamentos, como taponés de goma, para mantener la zona aséptica y también reducir la movilidad local, lo cual previene ulteriores complicaciones en el contacto clavo o alambre con las partes blandas.

La carga del miembro operado fue permitida, e incluso estimulada a partir del 3er. o 4to. día. En los casos de alargamiento o transportación ósea, la distracción se inició a los 6 d, al ritmo de 0,25 mm cada 6 h es decir 1 mm cada 1 d.^{5,6} La rehabilitación, incluyendo la fisioterapia activa y pasiva fue una de las partes más importantes del tratamiento, de acuerdo con el protocolo seguido por el Departamento de Rehabilitación. Durante los primeros días, las áreas de contacto entre alambres y piel fueron curadas cada 3 d, pudiendo diferirse posteriormente, enseñando al

paciente su realización. En los casos en que se observó una reacción inflamatoria se intensificaron las curas con empleo de antibióticos, en dependencia del germen aislado existente en las heridas. En casos extremos de infección ósea se procedió a la extracción del alambre o clavo.

En cada uno de los controles ambulatorios periódicos, además del estudio radiográfico para valorar el estado de la consolidación de hueso y la posible angulación de los fragmentos óseos, todas las tuercas de los ejes fueron reajustadas y se controló el estado de tensión de los alambres, la valoración del dolor, el trayecto de las agujas y la movilidad articular. La consolidación radiográfica fue clasificada como: grado 1, no existía presencia de regenerado óseo que rellenaba fragmentos; grado 2, existía presencia de regenerado que rellenaba el espacio entre los fragmentos óseos; grado 3, presencia de callo óseo que punteaba los fragmentos en menos de los 2/3 del espacio entre los fragmentos; grado 4, presencia de callo óseo que rellenaba todo el espacio entre los fragmentos; y grado 5, existencia de neocorticalización.

El dolor durante el período de tratamiento fue clasificado mediante una escala verbal en relación con la tolerancia al aparato: nivel 1, dolor ligero e intermitente; nivel 2, dolor moderado y constante; nivel 3, dolor importante que requiere la extracción del alambre.¹⁹ El retiro del aparato se realizó cuando el hueso fue considerado lo bastante fuerte como para resistir las fuerzas fisiológicas sin protección, generalmente en el grado 4 de consolidación, entonces se reinició la fisioterapia activa con el fin de recuperar todo el arco de movimientos de las articulaciones vecinas y el incremento de la carga de peso.

Los resultados finales fueron valorados de acuerdo con los criterios que se reflejan en la tabla 2.

TABLA 2. Criterios para evaluar los resultados finales

Criterios	Resultados		
	Bueno	Regular	Malo
Consolidación	Sí	Sí	No
Infección ósea	No	No	Sí
Lesión neuro-vascular	No	No	Sí
Desviación axial	< 10 °	10-20 °	> 20 °
Movilidad rodilla	> 80 %	75-80 %	< 75 %
Movilidad tobillo	> 75 %	50-75 %	< 50 %
Dismetría	< 3 cm	3-5 cm	> 5 cm
Valoración subjetiva	Buena	Regular	Mala

Estos criterios fueron la obtención de consolidación ósea, osteítis, lesión neurovascular, deformidad axial, rigidez, acortamiento del miembro y satisfacción subjetiva del paciente.¹⁹ Los problemas del trayecto del alambre se clasificaron de acuerdo con *Paley* como: grado 1, inflamación de partes blandas; grado 2, infección de partes blandas; y grado 3, infección ósea.⁹

RESULTADOS

La fijación externa "híbrida" fue utilizada en 44 pacientes de diferentes causas. Hubo 22 montajes en el fémur, de ellos 19 en secuelas de fracturas y 3 en alargamiento en pacientes en los que existía una displasia proximal del fémur. En los 7 casos de fracturas proximales del fémur, con edad media de 65 a (rango, 46-72 a) no se pudo emplear una fijación interna por la antigüedad del traumatismo (5 casos) y su complejidad.

El montaje híbrido fue bien tolerado en comparación con pacientes que anteriormente habían sido tratados con fijación circular.

La consolidación (grado 5) se obtuvo en todos los casos con un tiempo medio de consolidación de 3-5 meses (rango, 3-6 meses). No se observó ningún caso de pérdi-

da de movilidad articular, y sólo hubo 2 pacientes con mala tolerancia al aparato (nivel 2). Hubo 2 casos con problemas en el trayecto del alambre del grado 2, y 1 caso del grado 1.

De las fracturas diafisarias abiertas (4 casos) y las pseudoartrosis infectadas de fémur (8 casos) que fueron tratadas mediante fijación híbrida, también se obtuvo la consolidación en todos los casos, si bien el tiempo de curación fue mayor que los pacientes con fracturas proximales de fémur, con un tiempo medio de consolidación de 6 meses (rango, 4-8 meses). La edad media fue de 33 a (rango, 18-50 a). Se observó una pérdida del arco de movilidad de la rodilla de 40 % en 2 casos, por lo que se consideraron como resultados regulares. El aparato fue mal tolerado en 3 pacientes con nivel 1 y en 2 con nivel 2.

Los mayores problemas en los diferentes grupos fueron con los alambres y clavos, probablemente por el mayor tiempo de aplicación del aparato. Hubo 4 casos de inflamación grado 1 y 3 grado 2. No hubo ningún caso grado 3.

Hubo 3 casos con edad media de 16 a (rango 16-20 a), en los que se practicó un alargamiento femoral; en todos ellos existía una displasia femoral proximal. El alargamiento medio obtenido fue 5,6 cm (rango, 4-7 cm) y el índice medio de alargamiento fue 1,2 meses/cm alargado (rango, 0,75-2 meses/cm). El resultado final fue bueno en los 3 casos, con un nivel 1 de dolor en 2 casos y 1 caso con nivel 2. No se observó ningún problema neuromuscular. Se observó rigidez articular, con pérdida de 20 ° de flexión en 1 paciente. Hubo 1 caso con dificultades a nivel del trayecto del alambre (grado 2).

En la tibia se trataron 4 alargamientos distales en los que fue necesario incluir el retropie para prevenir la aparición de un equinismo, y 6 transportes óseos en secuelas de osteomielitis tibiales.

El alargamiento medio obtenido fue 5,4 cm, con un índice medio de alargamiento de 1,0 cm/mes de alargamiento (rango, 0,7-0,2 cm/mes). El resultado final fue bueno en todos los casos con un grado 5 de consolidación. Nivel de dolor 2, se observó en 1 caso. Hubo 1 caso de fractura supracondílea del fémur, tras un traumatismo de baja energía, que fue tratada de modo conservador. Hubo sólo 2 pacientes con dificultades de grado 1 en el trayecto de las agujas.

En los 6 transportes óseos realizados en secuelas de osteomielitis, la edad media de los pacientes fue de 34 a (rango, 19-47 a).

El tiempo medio del transporte óseo fue de 6 meses (rango, 5-7 meses). En todos los casos se obtuvo la consolidación sin necesidad de utilizar injertos óseos. En 4 casos fue necesario un ajuste del aparato.

El transporte medio obtenido fue de 6 cm (rango, 4-8 cm). La tolerancia del aparato fue mala en 2 casos con nivel 1 y en 3 casos con nivel 2. Problemas con los alambres o clavo hubo en 3 pacientes de grado 1 y en 3 pacientes de grado 2. No hubo limitación de la movilidad articular. El edema residual del tobillo persistió en 3 casos.

Se realizaron igualmente correcciones de pies equino-varos (3 pacientes) y 1 caso de alargamiento del pie. En los casos de corrección de pies equino-varos, la edad media fue de 11 a (rango, 10-14 a), y en ellos, una vez corregida la deformidad, el aparato se mantuvo 4 semanas más, y se aplicó posteriormente una ortesis de protección. Los resultados fueron buenos en todos los casos, siendo el aparato bien tolerado. En ningún paciente existía previamente, un desequilibrio muscular, como parálisis flácida o espástica. No hubo ningún caso con complicaciones vasculares, frecuentemente descritas por otros autores.¹⁹

Se trataron 8 pacientes con afecciones en miembro superior: fracturas abiertas diafisarias de húmero (4 casos), pseudoartrosis de húmero (3 casos) y fracturas de cuello de húmero (1 caso). En las fracturas recientes, con una edad media de 28 a (rango, 17-45 a), la consolidación se obtuvo en un tiempo medio de 3,5 meses (media 3-5 meses), en todos los casos con una buena tolerancia al aparato y sin limitaciones de la movilidad. En los casos de pseudoartrosis, con una edad media de 42 a (rango, 38-58 a) se obtuvo la consolidación en todos los casos, tiempo medio de 8 meses (rango, 5-12 meses). Hubo 1 caso de mala tolerancia con nivel 1, y 2 con nivel 2. Problemas con los alambres o clavos hubo 1 caso de grado 1 y otro de grado 2. Se observó limitación del arco de movilidad del codo en 2 casos (75 %), considerados como resultados regulares.

DISCUSIÓN

Aunque se aceptan las ventajas de la fijación externa circular según las ideas propugnadas por *Ilzarov*,^{5,6} su mala tolerancia por parte del paciente en algunas ocasiones, como por ejemplo durante su utilización en el húmero y fémur proximal, hizo que el fijador monolateral alcanzara una gran popularidad; sin embargo, éste por ser más inestable, no se puede indicar en algunos procesos complejos donde la fijación circular coadyuva a la estabilidad.

El fijador híbrido intenta solucionar este problema y de este modo, nuevos diseños invaden el mundo ortopédico.^{12,13,15}

Partiendo de nuestro fijador circular, realizado en polipropileno, material plástico, muy ligero, pero de gran rigidez y estabilidad, es posible convertirlo de una manera muy fácil en un fijador híbrido.

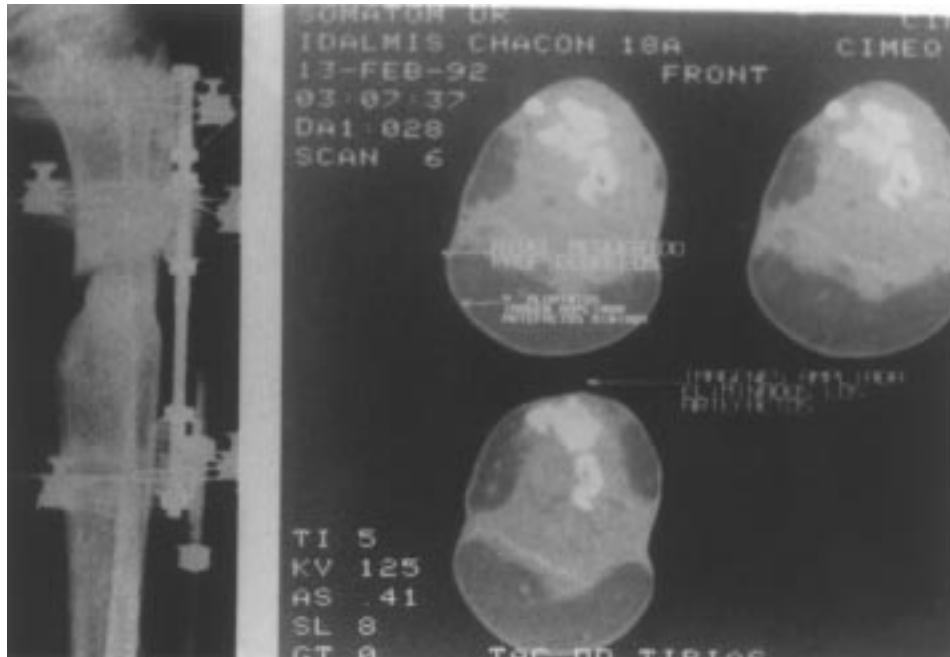


FIG. 3. La radiotransparencia del fijador circular, así como su elaboración en material plástico permite una buena visualización del estado del calo óseo y la práctica de una tomografía axial computadorizada para evaluar mejor el estado de la fractura.

Además, por el material plástico del fijador, existen numerosas ventajas añadidas, como son: su flexibilidad, su menor peso por unidad de superficie, la no aparición de fenómenos de corrosión y metalosis, ser radiotransparente, lo que garantiza una mayor facilidad en la interpretación de las imágenes radiográficas, e incluso, es conocido que es el único que permite observar el proceso de consolidación por tomografía lineal y tomografía axial computadorizada (TAC) (fig. 3).

Al ser dieléctrico, se facilita la aplicación de corriente directa o campo electromagnético en el desarrollo e incremento de la osteogénesis.

A pesar de las características del fijador externo anteriormente citadas, sus condiciones en el soporte de distintos esfuer-

zos fueron analizadas mediante estudios experimentales en la Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico "José A. Echavarría" de La Habana (Cuba), y se observó cómo el aro plástico puede soportar una compresión axial de 100 kgf deformándose en 10 mm, y recuperando su forma cilíndrica al retirarse la carga.

El aro con los alambres tensados soporta hasta 175 kgf de carga axial con un máximo de deformidad de 8,3 mm, y recupera su forma al ser liberado. 4 aros unidos a un foco lesional soporta un esfuerzo dinámico de 300 ciclos (45,75 Hz) durante 1½ h sin dañar sus estructuras.

Aunque las afecciones de los casos tratados eran diferentes, se obtuvo la consolidación (neocorticalización) en todos los

casos, con un tiempo variable que dependió de aquellas. No obstante, no se observó ningún caso de rotura del alambre o del clavo por sobrecargas, y se mantuvieron frecuentemente los montajes estables durante todo el tiempo que duró la aplicación del aparato.

En pocos casos se observó una reacción inflamatoria en el área de contacto clavo-piel y partes blandas, aunque en menor grado que en las series tratadas anteriormente con un fijador circular puro,¹⁷ y en ningún caso se produjo una osteomielitis residual por infección de los alambres o clavos. No se observaron aflojamiento ni movilidad de la unión clavo-aro por daño de la horquilla. No hubo complicaciones vasculo-nerviosas ni síndromes compartimentales.

Aunque se produjo alguna pérdida del arco de movilidad articular, especialmente en rodilla y codo, fueron siempre en magnitudes menores de las referidas anteriormente,¹⁷ con mejor tolerancia al aparato por parte del paciente.

Los hallazgos de este estudio permiten concluir, que aunque los resultados de esta serie son similares a los obtenidos con fijadores, con los mismos tiempos de consolidación y con los mismos problemas en el período de seguimiento, su simplicidad en la conversión del montaje circular a un híbrido, al requerir de menos componentes, hace que su aplicación sea de gran utilidad en pacientes con afecciones complejas donde se mezclan la inestabilidad con mal alineamiento en varios planos.

SUMMARY

This paper presents the results of a hybrid fixator developed in the Medical and Surgical Research Center (CIMEQ in Spanish), which is based on a circular fixator following Ilizarov philosophy but manufactured with polypropylene material. The conversion into a hybrid fixator was possible by cutting the ring in the form of a hemiring and by using forks allowing the use of threaded nails at different planes and of thin tensioned wires. Forty-four patients with a number of complex affections were examined. Results were satisfactory. Consolidation was achieved in all cases, being deformity of the device's configuration and problems in wires and nails infrequent. Time of consolidation varied depending on the pathological picture that led to the intervention. However; it was similar to that corresponding to other similar fixators. These findings showed the usefulness of this fixator that is easy-to-apply and less expensive for the country.

Subject headings: EXTERNAL FIXATORS; BONE/surgery.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García-Cimbrello E, Olsen B, Ruiz-Yagüe M, Fernández-Baillo N, Munuera-Martínez L. Ilizarov technique. Results and difficulties. *Clin Orthop* 1992;283:116-23.
2. Hoffmann R. Osteotaxis. *Acta Chir Scand* 1954; 107:72.
3. _____. Le traitement transcutané des fractures ou osteotaxis. *Rev Méd Suisse Rom* 1954;4:206-19.
4. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop* 1989;238:249-81.
5. _____. The tension-effect on the genesis and growth of tissues: part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop* 1989;239:263-85.
6. _____. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 1990;250:8-26.
7. Lambotte A. The operative treatment of fractures. *Br Med J* 1912;2:1530.

8. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop* 1990;250:81-104.
9. Paley D, Tetsworth K. Percutaneous osteotomies. Osteotome and Gigli saw techniques. *Orthop Clin North Am* 1991;22:613-24.
10. Remiger AR, Neuer W, Miclau T. Simple technique in hybrid external fixation and its clinical use. *J Bone Joint Surg* 1997;79B(Suppl 2):166-7.
11. Hoffmann R. Closed osteosynthesis with special reference to war surgery. *Acta Chir Scand* 1942;86:235-66.
12. Vidal J. Treatment of articular fractures by "ligamentotaxis" with external fixation. En: Brooker AS, Edwards CC, eds. *External fixation: current state of the art*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1979:75-81.
13. Alonso JE, Regazzoni P. The use of the Ilizarov concept with the AO/ASIF tubular fixateur in the treatment of segmental defects. *Orthop Clin North Am* 1990;21:655-65.
14. Behrens F. A primer of fixator devices and configurations. *Clin Orthop* 1989;241:5-14.
15. Catagni MA, Bolano L, Cattaneo R. Management of fibular hemimelia using the Ilizarov method. *Orthop Clin North Am* 1991;22:715-22.
16. Cattaneo R, Catagni M, Villa A, Benedetti GB, Argagni F. Fracturas y pseudoartrosis del miembro inferior. En: Ilizarov GA, ed. *Osteosíntesis. Técnica de Ilizarov*. Madrid : Ediciones Norma; 1990:167-88.
17. Ceballos Mesa A. Fijación externa de los huesos. La Habana: Editorial Científico-Técnica; 1983.
18. Connes H. *Le fixateur externe d' Hoffmann en double cadre*. Paris: Gea; 1973.
19. Grant AD, Atar D, Lehman WB. The Ilizarov technique in correction of complex foot deformities. *Clin Orthop* 1992;280:94-103.

Recibido: 3 de enero del 2000. Aprobado: 7 de febrero del 2000.

Dr. Sc. *Alfredo Ceballos Mesa*. Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas. Ciudad de La Habana, Cuba.