

Sección I. Ortopedia y traumatología general

Transporte óseo en pérdidas segmentarias postraumáticas

Dr. Jaime Uribe Rivas* Dr. Félix Borrero Borrero** Dr. Pedro P. Osejo Diago***

Es antigua en nuestro medio la preocupación por las pérdidas de sustancia ósea, inicialmente como resultado de acortamientos, secuelas de enfermedades paráliticas o congénitas. Es así como en comunicaciones personales de mediados del siglo el profesor Brian Mc Farlan escribía al profesor Borrero Durán sobre los procedimientos que se llevaban a cabo en Inglaterra, para la elongación ósea y desde entonces, se reconocía la necesidad de disminuir al máximo la lesión sobre los tejidos blandos en la zona de elongación.

Los cambios epidemiológicos en el país, han hecho aumentar la frecuencia de la pérdidas óseas, esta vez en forma segmentaria en los adultos como consecuencia del trauma y la infección, así como los defectos secundarios a las resecciones tumorales.

En nuestro hospital intentamos con éxito suplir las pérdidas de sustancia ósea en la pseudoartrosis infectadas con el procedimiento descrito por Papineau, que demostró sus bondades en la consolidación de pseudoartrosis en contacto, pero cuyo índice de fracaso fue mayor en presencia de pérdidas de sustancia masivas.

En el año de 1989 se iniciaron los transportes óseos en el Hospital Universitario de la Samaritana a raíz de dos publicaciones aparecidas en el *Operative Technik de Regazzoni*²⁸ y de Rüter y Brutscher²⁹ que empleaban la técnica de Ilizarov, mas no su método de fijación externa que era sustituido por un fijador externo de AO.

Pensamos entonces que cualquier elemento de fijación externa disponible, siempre y cuando

estuviera dotado de prensas móviles sobre una rosca era susceptible de ser utilizado para este propósito, en esa forma iniciamos el tratamiento con los tutores disponibles en el hospital que eran los de Hoffman Vidal.

El siguiente es el reporte de la experiencia obtenida hasta el momento con ocho pacientes; estamos realizando otros siete procedimientos que no se reportan. La mayoría de los casos en secuelas de trauma y heridas por arma de fuego, así como un caso de pseudoartrosis congénita de tibia. Informes previos sobre esta experiencia, se encuentran publicados en el *Tratado de Ortopedia y Fracturas* por el doctor Alberto Restrepo.

Marco Teórico

El protocolo del manejo de las fracturas abiertas está basado en los trabajos de Gustilo, Mendoza y Williams de 1984⁹. Su clasificación ha mostrado valor pronóstico y es generalmente aceptado que las fracturas de tipo III C en las que hay lesión arterial que requiere reparación, usualmente resultan en amputación en una extremidad con muy pobre función. Las fracturas abiertas de tipo III B con extensas lesiones de tejidos blandos y del periostio con frecuencia terminan en pseudoartrosis, infección crónica y amputación tardía.

Son muchas las alternativas conocidas para el tratamiento de las infecciones diafisarias crónicas entre las que se cuentan: Debridamiento intenso, rotación de colgajos, perlas de antibióticos, tratamiento de Papineau, sinostosis tibiperoneas, trasplante de tejidos micro-vascularizados. Todos estos protocolos de tratamiento tienen sus indicaciones y dificultades.^{9,21}

En el tratamiento de los defectos óseos, la utilización de injertos óseos vascularizados, facilitados por los adelantos en microcirugía pueden ser una alternativa adecuada en los defectos de los

* Instructor de Ortopedia Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Hospital Universitario de la Samaritana.

** Instructor de Ortopedia, Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá - Hospital Universitario de la Samaritana.

*** Profesor Asociado. Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá - Director del Departamento de Patología. Hospital Universitario de la Samaritana.

miembros superiores pero son menos usados en los inferiores, donde la diferencia de diámetro entre el hueso receptor y el peroné producen una gran zona de estrés con la resultante fractura o pseudoartrosis.

El transporte óseo intercalar, eliminando un defecto mediante la elongación de un fragmento, es uno de los elementos innovadores dentro de las contribuciones del Dr. Ilizarov^{15,16,17,18} a la Ortopedia mundial. Con este método, el defecto óseo de cualquier longitud puede ser reemplazado sin la necesidad de injertos. El hueso neoformado se osifica y se corticaliza.

Desde 1951 Ilizarov^{15,16} ha estudiado los principios biológicos que rigen la estimulación del crecimiento y regeneración de los tejidos durante la distracción. La tracción gradual puede mantener la regeneración y el crecimiento activo de ciertas estructuras, este principio se ha denominado la Ley de Tensión-estrés. Los tejidos sujetos a una tracción constante se convierten en tejidos metabólicamente activos con estimulación de la proliferación y biosíntesis de funciones celulares.

La observación clínica de la osteogénesis durante la elongación ha demostrado que la calidad y cantidad de hueso neoformado depende de varios factores:

1. La rigidez de la inmovilización.
2. El daño al periostio, médula ósea y arterias nutricias y sus ramas.
3. La velocidad de distracción.
4. El ritmo o frecuencia de la distracción.

Ultraestructura y observaciones biomecánicas.

La distracción ósea diseñada por Ilizarov requiere varios pasos:

1. Fijación estable.
2. Corticotomía con baja energía para preservar el periostio y el flujo sanguíneo.
3. Corto período de latencia antes del inicio de la distracción.
4. Distracción lenta y gradual para estimular la osteogénesis durante la elongación.

El área de osteogénesis rápidamente remodela a una estructura que es indiferenciable del hueso adulto radiológica e histológicamente. Se puede producir 300 micrones por día, seis veces más

rápido que la epífisis de un adolescente en su pico máximo de crecimiento. La osteogénesis ofrece una alternativa sobre el hueso esponjoso del injerto. La osteogénesis mecánicamente así inducida produce hueso laminar vital sin sustancias exógenas.

Corticotomía

La corticotomía es una de las piedras angulares del método de Ilizarov. La mejor descripción de la misma es una osteotomía parcial subperióstica de las corticales con una osteoclasia de los segmentos óseos remanentes, preservando al máximo el periostio, endostio y la medular, así como los músculos y los tejidos blandos que rodean al hueso³⁰.

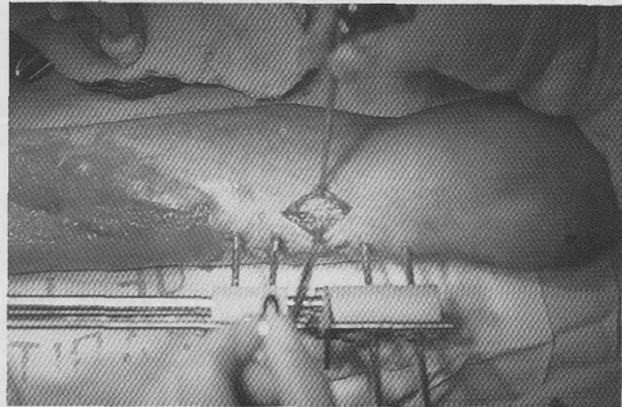


Fig. 1. Corticotomía metafisiaria preservando el periostio

Los experimentos de Ilizarov sugieren que cuando el riesgo sanguíneo de un hueso es preservando durante la osteotomía, la elongación llevará a la formación de hueso de mejor calidad en un período de tiempo más corto entre los extremos.

La localización de la corticotomía es una consideración importante, puede realizarse a cualquier nivel de la diáfisis, aunque es mejor el área metafisiaria (compactotomía) por ser hueso más ancho y esponjoso, por tanto el hueso neoformado va a tener una mayor superficie. Los músculos cerca de la metáfisis están adaptados para el crecimiento de la extremidad. Sin embargo desde el punto de vista mecánico, sería preferible llevarla a cabo a nivel diafisario con brazos de palanca similares en ambos lados del tutor que aumentan su rigidez³⁰.

La forma recomendada es una mínima incisión en piel, incisión vertical del periostio y

elevación, con un osteótomo de 0.5 a 1 cmt. se osteotomizan las dos corticales anteriores, dejando la cortical opuesta sana para fracturarla por movimientos de torsión, el nombre de cortico o compactotomía depende del nivel anatómico.^{18,22,30.}

En experimentos en ratas Kojimoto y col.¹⁹ demostraron que la lesión del endostio y de la médula ósea durante la osteotomía y la circulación endomedular se recupera con los primeros 10 días. El resultado final en cuanto a la calidad del callo neoformado no se afecta; en cambio la lesión del periostio es de particular importancia. Su experiencia clínica muestra resultados similares. Se puede formar un callo perióstico suficiente después de una osteotomía subperióstica transversa con sierra eléctrica, atravesando el endostio. Finaliza considerando la conservación del periostio más importante que la corticotomía misma, criterio que compartimos.

Shtin y Nikitendo citados por Schwartzman en 1974³⁰ estudiaron el tiempo de latencia encontrando el óptimo entre los días séptimo y el décimo. En los experimentos en los cuales la distracción se llevó a cabo antes o después de estos días los defectos se llenaron total o parcialmente de tejido conectivo.

Por otra parte *De Bastiani y col⁸* acuñaron el término *callotaxis*, la elongación del callo, estructura más organizada que el hematoma inicial. Consideran el tiempo de latencia en 10 días para los menores de 15 años y 15 días en los mayores de esa edad, este es el tiempo de latencia utilizado en nuestro hospital.

Nosotros llevamos a cabo el alargamiento de un tercio de milímetro cada ocho horas, por la facilidad para el paciente que no necesita alargar durante la noche con iguales resultados.

Esperamos el dominio de la infección y el cubrimiento óseo adecuado para iniciar el transporte, pero en los últimos tiempos hemos reducido el tiempo de espera.

Para el tratamiento de la pseudoartrosis se pueden modificar los bordes óseos por decortificación o por remodelación del hueso atrófico de los extremos mejorando el contacto y la estabilidad, agregando abundantes injertos óseos^{6,8,21.}

El tutor de Ilizarov permite un completo manejo de las pseudoartrosis de tibia, trata simultáneamente la deformidad, el acortamiento, el defecto, la infección y la función articular, permite el apoyo, previene la osteoporosis y la atrofia de los tejidos blandos. Sin embargo, es incómodo, costoso y difícil de colocar^{21.}

Complicaciones

Son múltiples las complicaciones que pueden presentarse durante el transporte óseo, dadas por la severidad del trauma que lo antecede, y por la duración del tratamiento que en ocasiones puede llegar a los dos años. Es importante anotar que en la mayoría de los reportes un gran porcentaje de las complicaciones se producen en los primeros pacientes^{8,9,11,21.}

La más frecuente es la infección superficial o profunda, la primera se maneja con antibióticos orales y curaciones, la segunda requiere el cambio de los clavos afectados si se sospecha compromiso óseo.

El cuidado de los clavos es la principal actividad del paciente en la prevención de la infección, el aflojamiento y la pérdida de estabilidad comprometen el resultado final. Los clavos de titanio disminuyen la presencia de osteitis comparados con los de acero inoxidable.

Durante el transporte hay cuatro áreas problema:

1. Consolidación prematura de la corticotomía.
2. Obstrucción de los tejidos blandos para el transporte; no lo hemos visto.
3. Retardo de consolidación del área de transporte.
4. Retardo de consolidación de la pseudoartrosis.

Consolidación prematura: La mayoría de las veces se trata de una osteotomía incompleta; puede deberse a un período de latencia excesivo. Se trata por alargamiento brusco hasta la ruptura del callo, que es doloroso, o por repetición de la corticotomía.

Consolidación retardada: Las dos grandes causas del retardo dependen de la técnica o del paciente.

Técnica: Corticotomía traumática
Diastasis inicial

Inestabilidad
 Distracción muy rápida

Paciente: Infección
 Desnutrición
 Causa metabólica.

Se sospecha inestabilidad si la dirección de las trabéculas tiende a no ser paralela a la dirección de la distracción.

Material y Método

Se trata de un trabajo descriptivo, prospectivo iniciado en 1989 del tipo serie de casos.

Se incluyeron pacientes con pérdidas óseas mayores de 5 cm. en los miembros inferiores a quienes se expusieron los siguientes argumentos:

1. Se trata de un procedimiento de salvamento para un miembro abocado a la amputación.
2. El procedimiento tiene una duración que habitualmente supera los dos años.
3. La presencia de una complicación mayor, la infección severa, o la pérdida de la presa sobre el área de transporte conllevarían a una amputación.
4. La no consolidación del segmento transportado en su sitio de destino conlleva por lo menos un procedimiento adicional. No se considera como una complicación.

Se excluyeron pacientes que:

1. Prefirieron la amputación.
2. Tuvieran daño de la sensibilidad en la planta del pie.
3. Tuvieran un miembro elefantiásico por déficit severo de la circulación de retorno.
4. Tuvieran déficit mayor de la circulación arterial.
5. Tuvieran infección severa.

En la mitad de los casos la lesión inicial se acompañó de infección. El transporte se llevó a cabo una vez dominada la misma.

Resultados

Entre el año de 1989 y 1994 se inició el transporte óseo de 8 pacientes con defectos óseos de más de 5cm. Siete de origen postraumático y en uno como secuelas de una artritis séptica de la rodilla, la cual fue elongada por callotaxis, que se

le realizó una artrodesis. De los 7 pacientes de origen traumático, 5 fueron por accidentes autopedestre y dos por heridas con arma de fuego, datos consignados en la Tabla 1.

Tablas 1
 Transporte oseo en 8 pacientes

No	EDAD	CAUSA	INFEC	INTERY	DIRECC	CM	TUT	TM	P ADC	T ENF
IP	40	ACC AUT	SI	24M	DESCEN	5	Ho	12 M	BETM	26 M
JP	34	ACC AUT	SI	—	DESCEN	6	I	2 M	AMPUTACION	
AM	19	A. SEPTI	SI	36M	ARTROD	6.5	W	23 M	NO	19 M
JN	40	HAF	NO	5M	DESCEN	10	H	13 M	NO	13 M
JS	25	ACC AUT	NO	2M	DESCEN	7	H	28 M	INJ FT	30 M
GM	30	ACC AUT	SI	2M	ASCENS	10	H	18 M	BETM	24 M
BP	32	ACC AUT	SI	7M	DESCEN	8	Om	15 M	INJ	19 M
RAP	14	HAF	NO	4M	LATERA	8	I	42 M	BETM	36 M

NOTA:
 TUT: TIPO DE TUTOR
 TM: TIEMPO TOTAL DE TRANSPORTE Y MADURACION
 P ADC: PROCEDIMIENTO ADICIONAL UNA VEZ FINALIZADO EL TRANSPORTE
 T ENF: TIEMPO DE ENFERMEDAD
 EXTM: RETIRO DE MATERIAL E INJERTOS

La mitad de los casos cursaron con infección lo que aumentó el tamaño de los defectos iniciales.

El tiempo transcurrido entre el trauma y el inicio del transporte fue de 10 meses en promedio; pero es de anotar, que en los últimos 5 pacientes fue de 4.4 meses.

El defecto varió entre 5 y 10 cm. con un promedio de 7.8 cm. En 5 pacientes fue en descenso, en uno lateral y en otro en ascenso.

El elemento de fijación más ampliamente utilizado por nosotros es el fijador de Hoffmann-Vidal. Como elemento único o utilizando sus prensas móviles con el dispositivo de distracción-compresión para el desplazamiento del fragmento, en tanto, los extremos son mantenidos con elementos diferentes. Nos han sido útiles los elementos fabricados en el país en los últimos años.



Fig. 2. Fijador externo de fabricación Nacional in situ

El tiempo de transporte no coincide en forma matemática con la fórmula de 1 mm. por día, habitualmente es mucho mayor lo que puede atribuirse a múltiples causas (olvido del paciente, problemas mecánicos de acomodación, deficiencias del tutor) pero no se afecta el resultado final del transporte. El promedio de tiempo de transporte fue de 1.5 cm. por mes, lo que corresponde teóricamente a la mitad del que debería ser.

El tiempo de maduración más el de transporte, nos da el índice de elongación que en nuestros pacientes fue de 2.8 meses por cm., que es superior a lo reportado en la literatura. El tiempo de maduración del callo es muy prolongado, toma el doble del tiempo del transporte y puede verse prolongado por la consolidación de la pseudoartrosis.



Fig. 3 y 4. Aspecto radiológico del transporte óseo con diferencia de dos meses.

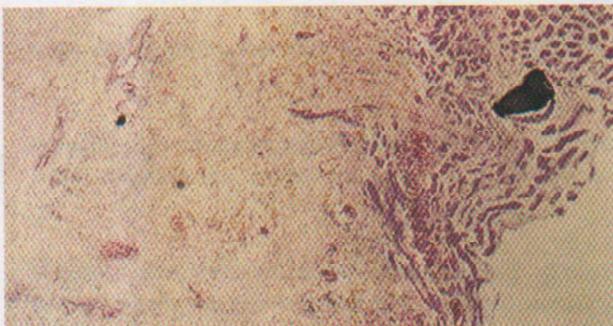


Fig. 5. Anatomía patológica a los 20 días posoperatorios hipertrofia perióstica con abundante vascularización y calcificación distrófica difusa un centro de calcificación rodeado de matriz ósea inmadura.

Dos pacientes no requirieron ningún procedimiento adicional para lograr la consolidación de la pseudoartrosis; en los otros, se le realizó cura de pseudoartrosis y colocación de gran cantidad de injertos óseos.

En cuanto a las complicaciones todos presentaron infección de los tractos de los clavos de menor importancia.

En un caso tuvimos una complicación que nos llevó a la amputación, y fue la infección del segmento transportado y del defecto.

Los estudios de anatomía patológica de la zona de alargamiento, mostraron en el primer caso con las muestras tomadas a los 20 días de la corticotomía, marcada hipertrofia del periostio con muy rica vascularización y cambios de calcificación distrófica difusa; solamente en un área se hizo evidente una espícula ósea en formación caracterizada por un centro de calcificación rodeada de matriz inmadura.



Fig. 6. Anatomía patológica a los 6 meses posoperatorio, espículas óseas maduras bien orientadas con todos sus elementos celulares, canales y lagunas con osteoblastos, moderada proliferación vascular y perióstica.

En otro estudio llevado a cabo a los 6 meses de la corticotomía, se encontraron espículas óseas maduras, bien orientadas con todos los elementos celulares correspondientes, con canales y lagunas habitadas por osteoblastos, con moderada proliferación vascular y perióstica

Discusión

En la revisión de la literatura encontramos que las series de casos reportadas, no muestran un número grande de pacientes: Ilizarov¹⁸ reporta 21 casos, Green¹² trató 17 pacientes, Dagher^{8,9}, Cattaneo⁶, y Paley²¹ 12 pacientes con transporte óseo de 25 con pseudoartrosis. Por lo tanto la

casuística nuestra con 8 casos, es importante dado lo severa y escasa que es esta patología.

Analizando todos los casos y según los parámetros de Paley²¹, se encuentra que todos los pacientes tienen cojera residual, debido a atrofia muscular o a pérdida de tejido muscular, en los traumas y a los sucesivos desbridamientos con disminución de la movilidad de las articulaciones vecinas.

En un caso fue necesaria la amputación debido a una sobreinfección del tejido transportado, complicación que no encontramos reportada en la literatura. Éste fue el segundo caso en que se realizó el transporte óseo y uno de los que tuvieron tutor de Ilizarov. A raíz de esta complicación se espera en el hospital, tener la infección controlada mediante los desbridamientos que sean necesarios y lograr un cubrimiento de los tejidos blandos adecuado, antes de iniciar el transporte, en los últimos casos, que no se incluyen en esta revisión debido a que están en proceso, los transportes, se han iniciado más rápidamente.

Como en los reportes de Paley, quien refiere que el 75% de las complicaciones ocurrieron en el 30% de los primeros casos, nuestra observación es que los procedimientos en nuestro hospital cada vez muestran mejores resultados y menor duración de la maduración.

La relación médico-paciente es fundamental en el éxito de estos tratamientos debido a lo extensos y a la constante colaboración del paciente tanto en el alargamiento como en la limpieza de los clavos, que es el elemento más vulnerable y puede llevar a complicaciones tan severas como la terminación del transporte y aun con la amputación. Son frecuentes los roces en la relación médico paciente y paciente con su medio.

Los índices de maduración de nuestros pacientes son más prolongados que los encontrados en nuestra literatura, justificado en gran parte, por la demora en la consolidación de las pseudoartrosis distales.

Aunque los tratamientos son prolongados y los resultados finales nos muestran pacientes físicamente activos, algunos con lesiones residuales como cojera y limitación de la movilidad articular, los resultados nos han alentado a continuar ya que en todos los pacientes en quienes se realizó el tratamiento se contempló seriamente la posibilidad de una amputación.

Los procedimientos reportados en esta revisión se realizaron con tutores de *Hofman Vidal* en la mayoría de los casos. Actualmente estamos utilizando tutores de fabricación nacional para transporte, que tienen un precio asequible y cumplen satisfactoriamente su función. Es necesario insistir que solamente pueden utilizarse una vez.

Abstract

We make a preliminar report with the experience at The Hospital Univesitario de La Samaritana in the area of the bone transportation with diferent external fixation devices.

We treated 9 patients, 7 with segmental loses of the tibial shaft, one case on the femur, and one case in wich we performed a knee arthrodesis for a vicious position ankilosed articualtion, and then was elongated the arthrodesis callus.

We obtained in all cases but one the salvatage of the extremity. The regeneration and consolidation time of the segment were too long and we hand multiple complications. But in an amputation risk the procedure ist doubtless a variable solution for a severe and frecuent pathology.

Bibliografía

1. **Aldegheri, R., Renzi-Drivio, L., and Agostini, S.,** The Callotasis Method of Limb Lengthening. *Clin. Orthop.* 241:137. 1989
2. **Aronson, J., Harrison B., Stewar, C., and Harp, J. Jr.,** The histology of Distraction using Different External Fixator. *Clin. Orthop.* 241:106. 1989.
3. **Behrens, F., and Searls, K.,** External Fixation of the Tibia. *J. Bone Joint Surg.* Vol. 68-B Nº 2 March 1986 - 246.
4. **Behrens, F.,** A Primer of Fixator Devices and configurations. *Clin. Orthop.* 245:5. 1989.
5. **Calhoun, J., Li, F., Ledbetter, B., and Gill, G.,** Biomechanics of the Ilizarov Fixator for Fracture Fixation. *Clin. Orthop.* 280:15. 1992.
6. **Cattaneo, R., Catagni, M., and Johnson, E.,** The Treatment of Infected Nonunions and Segmental Defects of the Tibia by the Methods of Ilizarov. *Clin. Orthop.* 280:143. 1992.
7. **Court-Brown, c., Wheelwright, E., Christie, J., and MacQueen, M.,** External Fixation for Type III Open Tibial Fractures. *J. Bone Joint Surg.* Vol. 72B Nº 25, September 1990-801.
8. **Dagher, F., and Roukoz, S.,** Compound Tibial Fractures With Bone Loss Treated by the Ilizarov Technique. *J. Bone Joint Surg.* Vol. 73B, Nº 2, March 1991-316.
9. **De Bastiani G., Aldegheri, R., Renzi-Brivio, L., and Trivella, G.,** Limb lengthening by callus distraction (callotasis). *J. Pediatr. Orthop.* 7: 129. 1987.
10. **Delloye, C., Delefortrie, G., Coutelier, L., and Vincent, A.,** Bone Regenerate Formation in Cortical Bone During Distraction Lengthening. *Clin. Orthop.* 250:34. 1990.
11. **Green, S., Harris, L., Wall, D., Ishkanian, J., and Marinow, H.,** The Rancho Mounting Technique for the Ilizarov Method. *Clin. Orthop.* 280:104, 1992.
12. **Green, S., Jackson, J., Wall, D., Marinow, H., and Ishkanian, J.,** Management of Segmental Defects by the Ilizarov Intercalary Bone Transport Method. *Clin. Orthop.* 280:136. 1992.
13. **Grill, F., and Dungal, P.,** Lengthening for Congenital Short Femur. *J. Bone Joint Surg.* Vol. 73B, Nº 3, May 1991-439.
14. **Hooper, G., Keddell, R., and Penny, I.,** Conservative Management or Closed Nailing for Tibial Shaft Fractures. *J. Bone Joint Surg.* Vol. 73-B, Nº 1 January 1991-83.
15. **Ilizarov, G.,** The Tension-Stress Effect on the Genesis and Growth of Tissues. Part I *Clin. Orthop.* 238:249. 1989.
16. **Ilizarov, G.,** The Tension-Stress Effect on the Genesis and Growth of Tissues. Part II *Clin. Orthop.* 239:263. 1989.
17. **Ilizarov, G.,** Clinical Application of the Tension- Stress Effect for Limb Lengthening. *Clin. Orthop.* 250: 8. 1990.
18. **Ilizarov, G., Ledyayev, V.,** The Replacement of Long Tubular Bone Defects by Lengthening Distraction Osteotomy of One of the Fragments. *Clin. Orthop.* 280: 7. 1992
19. **Kojimoto, H; Yasui, N; Goto, T; Matsuda, S; and Shimomura, Y.,** Bone Lengthening In Rabbit By Callus Distraction. *J Bone joint Surg* Vol.70-B, Nº 4, August. 1988- 543
20. **Kummer, F.,** Biomechanics of the Ilizarov External Fixator. *Clin. Orthop.* 280: 11. 1992
21. **Paley, D., Catagni, M., Arganani, F., Villa, A., Benedetti, G., and Cattaneo, R., Ilizarov.** Treatment of Tibial Nonunions With Bone Loss. *Clin. Orthop.* 241:146. 1989.
22. **Paley, D.,** Problems, Obstacles and Complications of Limb Lengthening by the Ilizarov Technique. *Clin. Orthop.* 250: 81. 1990
23. **Paley, D., Catagni, M., Arganani, F., Prevot, J., Balle, D., and Armstrong, P.,** Treatment of Congenital Pseudoarthrosis of the Tibia Using the Ilizarov Technique. *Clin. Orthop.* 280: 81. 1992.
24. **Paterson, D.,** Leg-Lengthening Procedures *Clin. Orthop.* 250:27. 1990.
25. **Price, C., and Cole, M.,** Limb Lengthening by Callotasis for Children and Adolescents. *Clin. Orthop.* 250:105. 1990.
26. **Robertson, P.,** Prediction of Amputation After Severe Lower Limb Trauma. *J Bone Joint. Surg.* Vol. 73-B No 5, September 1991-816.
27. **Rajacich, N., Bell, D., and Armstrong, P.,** Pediatric Applications of the Ilizarov Method. *Clin. Orthop.* 280:72. 1992.
28. **Regazzoni, K.,** Das Ilizarov Konzept mit Einem Modularen Rohr Fixateur System. *Operative Technik.* Vol. 1:99. 1989.
29. **Rüter, A., Brutscher, R.,** Die Ilizarov Kortikotomie und Segmentverschiebung Zur Behandlung Grober Tibia Defekte. Vol. 1: 80. 1989.
30. **Schwartzman, V., and Schwartzman, R.,** Corticotomy. *Clin. Orthop.* 280: 37, 1992.
31. **Steen, H., Fjeld, T., Miller, J., and Ludvigsen, P.,** Biomechanical Factors in the Metaphyseal-Lengthening Osteotomy. *Clin. Orthop.* 250:282. 1990.
32. **Wasserstein, L.,** Twenty- Five Years Experience with Lengthening of Shortened Lower Extremities Using Cylindrical Allografts. *Clin. Orthop.* 250:150, 1990