

Seudoartrosis con pérdida ósea de fémur y de tibia

MIGUEL CAPOMASSI, ROBERTO OLIVETTO, MARTÍN D'ELIA, ADRIÁN OLIVETTO y ERNESTO LOMBARDO

*Hospital de Emergencias "Dr. Clemente Álvarez", Insituto Jaime Stullitel
y Sanatorio Americano, Rosario, Santa Fe*

RESUMEN

Introducción: El objetivo del siguiente trabajo es evaluar los resultados anatómicos y funcionales de las técnicas de osteogénesis por distracción para la reconstrucción de defectos óseos segmentarios de fémur y de tibia.

Materiales y métodos: Se evaluaron retrospectivamente 24 pacientes con seudoartrosis con pérdida ósea de fémur y tibia. Las causas fueron la pérdida de fragmentos durante la lesión aguda en el 34% de los casos y la resección de hueso osteomielítico o necrótico en el 66%. Los pacientes se encuadraron de acuerdo con el tipo B de la clasificación de Paley y cols. En las seudoartrosis con defecto y sin acortamiento (B1) se realizó transporte óseo, en las que tenían acortamiento (B2) se elongó a nivel metafisario y en las lesiones con defecto y acortamiento (B3) se transportó un fragmento óseo y al llegar al sitio del *docking* se continuó elongando hasta corregir la disimetría.

Resultados: La curación se logró en un tiempo promedio de 13 meses con resultados satisfactorios en el 83% de los casos. Se produjeron cinco complicaciones mayores: una disimetría de 2,5 cm, dos deformidades angulares mayores de 10°, una seudoartrosis del *docking* y una rigidez de rodilla. El resto fueron complicaciones menores que no influyeron en el resultado final.

Conclusiones: Se concluye que la osteogénesis en distracción genera resultados satisfactorios tanto óseos como funcionales en seudoartrosis de fémur y tibia con pérdida ósea.

PALABRAS CLAVE: Seudoartrosis. Pérdida ósea. Osteogénesis por distracción.

FEMORAL AND TIBIAL PSEUDOARTHROSIS WITH BONE LOSS

ABSTRACT

Background: The purpose of this study is to evaluate anatomics and functionals results using distraction osteogenesis for the treatment of femoral and tibial pseudoarthrosis with bone loss.

Methods: We evaluated retrospectively 24 patients with femoral and tibial pseudoarthrosis with bone loss. The etiology was the lost of bone fragments at the moment of the lesion in 34% and the resection of osteomyelitic or necrotic bone in 66%. All the patients were included into B-type of Paley pseudoarthrosis classification. When we had a bony defect (B1) we made bone transportation; in limb length loss (B2) we elongated at metaphyseal level and when we had both (B3) we made bone transportation till contact at docking site and we continued the elongation to correct the limb length discrepancy.

Results: The cure was obtained at an average of 13 months with satisfactory results in 83%. We had five mayor complications: one limb length discrepancy of 2.5 cm, two angular deformities of more than 10°, one docking site pseudoarthrosis and one stiff knee. The other ones were minor complications that had not influence in the final result.

Conclusions: We concluded that distraction osteogenesis brings satisfactory results either osseous or functionals in femoral and tibial pseudoarthrosis with bone loss.

KEY WORDS: Pseudoarthrosis. Bone loss. Distraction osteogenesis.

Recibido el 1-12-2004. Aceptado luego de la evaluación el 13-12-2004.

Correspondencia:

Dr. MIGUEL CAPOMASSI
Av. Pueyrredón 1033
(2000) Rosario, Santa Fe
injs@arnet.com.ar

Si bien las seudoartrosis con pérdida ósea de fémur y de tibia pueden ser la resultante directa del trauma agudo de alto impacto (defecto óseo primario), un número no despreciable de ellas son el resultado de lesiones inicialmente

banales que, como consecuencia de desbridamientos quirúrgicos insuficientes y el manejo inadecuado de las partes blandas, derivan en osteonecrosis y osteomielitis post-traumática con pérdida progresiva de la reserva ósea (defecto óseo secundario).

Los adelantos en el campo de la infectología y el desarrollo de las modernas técnicas osteoplásticas y de cobertura cutánea ofrecen la posibilidad de aplicar una terapéutica más conservadora frente a estas graves lesiones, considerando diversos protocolos de reconstrucción.

Como hemos referido en publicaciones anteriores,² y en consonancia con los conceptos actuales de la cirugía reconstructiva, aplicamos métodos de reconstrucción cerrados y consideramos los protocolos abiertos una opción terapéutica de rescate.

El objetivo de este trabajo es evaluar los resultados anatómicos y funcionales de las técnicas de osteogénesis por distracción, metodología aplicada en todos nuestros pacientes para la reconstrucción de los defectos óseos segmentarios de fémur y de tibia.

Materiales y métodos

Fueron evaluados en los servicios de traumatología del Hospital de Emergencias "Dr. Clemente Alvarez" (HECA), Instituto Jaime Slullitel y Sanatorio Americano de la ciudad de Rosario, 24 pacientes (19 hombres y 5 mujeres), con una edad promedio de 34 años (15-62 años), tratados durante el período 1994-2003. El 34% de los defectos óseos fueron ocasionados por la noxa traumática, mientras el 66% restante resultaron de resecciones secundarias por osteomielitis o necrosis post-traumática. El mecanismo de producción dominante fue el trauma de alta energía por accidente de tránsito; la tibia resultó involucrada en 22 pacientes (92%) y el fémur en los dos restantes (8%). El defecto óseo promedio fue de 6,7 cm (3-13 cm).

Tratamiento

En el momento del ingreso se somete a los pacientes a una limpieza quirúrgica rigurosa del foco y se estabiliza la fractura con montajes de fijación externa modular (tubular AO), que permitan efectuar las plásticas de cobertura cutánea definitiva, ya en la cirugía inicial o tan pronto como se logre "esterilizar"

Tabla 1. Grilla de pacientes

Nº	Sexo	Edad	G	Paley	Mecan.	Lesiones asociadas	Defecto (cm)		Colgajo		Tec. osteop. y tipo de tutor	Ds. a osteot.	Retiro de tutor (meses)
							Cutáneo	Óseo	Tipo	Días			
1	M	35	3b	B1	Industr.	-	8	6	Gemelo	5	TO Ilizarov	18	10,5
2	M	15	3b	B1	Moto	LCA	9	6	Sóleo	7	TO Ilizarov	20	11
3	M	28	3a	B1	Auto	-	5	7	Sóleo	10	TO LRS	30	13
4	F	32	3b	B1	Moto	-	8	6	Sóleo	6	TO Ilizarov	22	12
5	M	26	3b	B2	Moto	F. astrágalo	8	3	-	-	C-D LRS	19	6
6	M	50	3b	B3	Auto	Pl. braquial	9	8	G + S	5	TO LRS	24	14
7	M	28	3a	B1	Deporte	-	9	6	DA	20	TO LRS	60	13,5
8	M	23	3b	B1	Moto	-	7	6,5	Sóleo	7	TO LRS	20	13
9	M	29	3b	B3	Auto	F. fémur	12	7,5	G + S	6	TO LRS	24	15
10	F	15	3a	B2	Moto	-	15	3	Gemelo	14	C-D LRS	21	7
11	M	30	3b	B1	Moto	F. fémur	14	7	Escapular	12	TO LRS	26	14
12	M	56	3b	B3	Moto	TEC	15	8	DA	16	TO LRS	32	15
13	M	27	3b	B1	Moto	-	17	6,5	DA	14	TO LRS	30	13,5
14	M	42	3b	B1	Moto	Tobillo	20	13	DA	21	TO LRS	30	15
15	M	56	3b	B1	Auto	Astrágalo	-	7	DA	18	TO LRS	25	12
16	F	40	3b	B3	Auto	-	7	8	DA	18	TO LRS	25	12
17	F	16	3b	B2	Moto	F. rótula	15	12	DA + S	21	TO LRS	33	13,5
18	F	16	3b	B2	Moto	F. fémur	20	3	DA + S	18	C-D LRS	30	9
19	M	62	3a	B2	Auto	F. húmero	5	4	-	-	C-D LRS	10	8,5
20	M	59	3b	B1	Auto	R. flotante	5	3	-	-	TO LRS	11	7,5
21	M	38	3a	B2	Moto	R. flotante	6	12	-	-	C-D L.R.S	21	14
22	M	26	3a	B1	Moto	F. pelvis	8	7	DA	10	TO LRS	19	11
23	F	29	3b	B1	Auto	F. antebr.	7	4	-	-	TO LRS	19	8
24	M	28	3b	B3	HAF	-	3	9	-	-	TO LRS	20	12
24	M	26	3a	B3	Moto	-	4	5	Gemelo	12	TO LRS	15	9

el foco. En 18 pacientes de la serie (75%) se utilizaron colgajos musculares rotados o microquirúrgicos (Tabla 1), pero en sólo 3 de ellos (16%) fue posible realizarlos en la urgencia debido a las características de la lesión.

Una vez restablecido el trofismo de los tejidos blandos se inicia la etapa de reconstrucción ósea mediante técnicas osteoplásticas basadas en la osteogénesis por distracción del callo óseo. Para tal fin utilizamos la clasificación de seudoartrosis propuesta por Paley (Tabla 2), incluyendo a todos los pacientes dentro del grupo B, con la siguiente distribución por subtipos: B1: 13 pacientes; B2: 5 pacientes y B3: 6 pacientes (Tabla 3).

Se aplicaron las técnicas de reconstrucción según el grupo: en el subtipo B1 se realizó transporte óseo clásico; en el B2, elongación pura y en el B3, transporte óseo hasta el contacto y luego elongación hasta corregir la disimetría.

Los procedimientos se realizaron siguiendo los conceptos de la escuela de Verona,⁴ basados a su vez en los estudios sobre biología de la regeneración ósea desarrollados por el profesor Ilizarov.^{3,12}

La osteogénesis por distracción incluye tres tiempos: a) montaje del fijador externo, b) osteotomía metafisaria, c) distracción propiamente dicha.

Se utilizó fijación externa circular en 3 pacientes (Ilizarov clásico) y monolateral en los 21 restantes (LRS-Orthofix).

La osteotomía metafisaria (subperióstica de tensión –De Bastiani–) se realizó con mínima incisión y bajo los principios de la técnica atraumática. Las osteotomías en la tibia se emplazaron en la metafisis proximal en 87% de los casos y en la distal en 13%. Los dos alargamientos femorales se efectuaron por osteotomía proximal.

La distracción incluye cuatro fases:⁵ a) de reposo: 7 a 10 días pososteotomía; b) de distracción: comienza con 1 mm/día las primeras dos semanas y luego se regula la velocidad según la calidad del callo óseo radiológico, hasta el contacto o hasta finalizar la distracción; c) de neutralización: montaje en condiciones estáticas; y d) de dinamización, en la cual el montaje se dinamiza con anillos de silastic (Dina Ring-Orthofix) o gimnasia del callo.

Tabla 2. Clasificación de seudoartrosis de Paley y cols.

Seudoartrosis	Subtipos
Tipo A (pérdida ósea < 1cm)	A1 laxa, móvil A2.1 rígida, sin deformidad A2.2 rígida, con deformidad
Tipo B (pérdida ósea > 1 cm)	B1 pérdida ósea sin acortamiento (peroné sano o consolidado) B2 acortamiento sin defecto óseo B3 acortamiento y defecto óseo

Tabla 3. Distribución de casos

Tipo de seudoartrosis	Nº de casos
B1	13
B2	5
B3	6

El fijador externo fue retirado en un tiempo promedio de 11,5 meses (6-15 meses), mientras la duración total del tratamiento fue de 13 meses promedio (8,5-17 meses).

Resultados

Con un seguimiento mínimo de 6 meses y máximo de 8,5 años se evaluó a los pacientes según el puntaje de ASAMI¹⁹ (Tabla 4) teniendo en cuenta:

- Parámetros óseos: consolidación, infección, deformidad y discrepancia de longitud.

Tabla 4. Tabla de complicaciones

Complicaciones menores	Tipo	Nº	Tratamiento
Infeción de clavijas	Menor	14	Curaciones y ATB
Infeción de clavos	Menor	8	Curaciones y ATB ³ ; cambio del clavo ⁵
Retardo de consolidación del foco de distracción	Menor	1	Suspensión transitoria de la distracción y gimnasia del callo
Retardo de consolidación del foco de fractura	Menor	2	Decorticación e injerto óseo
Fractura del fragmento transportado	Menor	1	Durante la osteotomía. No comprometió el transporte
Angulación axial del fragmento transportado	Menor	1	Clavija con oliva lateral
Necrosis parcial del injerto	Menor	2	Desbridamiento quirúrgico e injerto de piel ¹ Desbridamiento quirúrgico, sóleo rotado e injerto de piel ²
Complicaciones mayores	Tipo	Nº	Tratamiento
Deformidad angular > 10°	Mayor	2	Secuela definitiva (casos nº 6 y nº12)
Dismetría > 2 cm	Mayor	1	Secuela definitiva (caso nº14)
Seudoartrosis del docking	Mayor	1	Injerto intertibiooperoneo (caso nº16)
Rigidez de rodilla	Mayor	1	Artrólisis: movilidad a 40° (caso nº20)

- Parámetros funcionales: cojera significativa, rigidez en equino del tobillo, distrofia de partes blandas, dolor e inactividad.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios (entre excelentes y buenos) en el 83% de los casos (Tabla 5).

Complicaciones

Se consideraron complicaciones mayores las que obligaron a interrumpir el tratamiento y determinaron secuelas definitivas, y complicaciones menores, los problemas que pudieron resolverse en el curso del procedimiento sin comprometer el resultado final²⁶ (Tabla 4).

Entre las complicaciones mayores incluimos: valgo residual de 13° (caso n° 12), recurvatum de 18° (caso n° 6) y disimetría de 2,5 cm (caso n° 14) que fueron secuelas definitivas. La cuarta complicación fue una pseudoartrosis del sitio de contacto luego de un transporte óseo de 12 cm, que se resolvió con un injerto intertibioperoneo (caso n° 16). Por último, en un paciente con rodilla flotante sometido a alargamiento femoral se produjo rigidez articular que obligó a una artroólisis para mejorar la función y alcanzar un resultado regular (caso n° 20).

Tabla 5. Tabla de complicaciones

Caso	Resultado óseo	Resultado funcional
1	Excelente	Bueno
2	Excelente	Bueno
3	Excelente	Bueno
4	Excelente	Bueno
5	Excelente	Bueno
6	Bueno (recurvatum 18°)	Regular
7	Excelente	Bueno
8	Excelente	Bueno
9	Excelente	Bueno
10	Excelente	Bueno
11	Excelente	Bueno
12	Bueno (valgo 13°)	Regular
13	Excelente	Bueno
14	Bueno (disimetría 2,5 cm)	Regular
15	Excelente	Bueno
16	Excelente	Bueno
17	Excelente	Bueno
18	Excelente	Bueno
19	Bueno	Bueno
20	Excelente	Regular
21	Bueno	Bueno
22	Bueno	Bueno
23	Bueno	Bueno
24	Bueno	Bueno

Discusión

Revisando nuestra serie de pacientes se puede definir que los traumatismos de alta energía por accidentes de tránsito fueron el mecanismo de producción dominante de estas graves fracturas expuestas (grado IIIB)¹⁰ que derivan en extensas pérdidas óseas, en su mayoría (66%) secundarias a sucesivos desbridamientos por infección o necrosis postraumática.^{2,12,22} Si bien la propia naturaleza de la lesión puede determinar esta cadena de eventos, en ocasiones, la falta de un manejo adecuado y oportuno de las técnicas de cobertura cutánea puede contribuir de manera determinante a su desarrollo.

Los defectos osteocutáneos han sido tratados durante años mediante protocolos abiertos^{7,20,21,24,25} con numerosos inconvenientes ocasionados por hospitalizaciones prolongadas, múltiples intervenciones quirúrgicas y resultados de mala calidad funcional y estética. Hoy constituyen una buena alternativa de segunda línea.

Las ventajas biológicas y mecánicas que brinda la cobertura precoz del foco con colgajos musculares ha sido ampliamente difundida en la literatura médica, entre otros, por Godina⁶ y Weiland.^{30,31} El aporte vascular propio y la alta calidad trófica de los colgajos son factores esenciales para una reconstrucción ósea adecuada y reducen en forma notable la incidencia de pseudoartrosis y de osteomielitis postraumática. Queda definido, entonces, que el desbridamiento “oncológico” del foco y su cobertura muscular temprana constituyen las bases del protocolo cerrado, que aplicamos en nuestra práctica como alternativa de primera elección.^{2,15,23,28,31}

Una vez restablecido el trofismo de los tejidos blandos comienza la fase de reconstrucción ósea (fase osteoplástica) que representa la última etapa del protocolo. Los procedimientos disponibles para reconstruir una pérdida ósea son genéricamente de tres tipos: a) injertos óseos convencionales,^{9,16} b) injertos óseos vascularizados^{6,29,30} y c) osteogénesis por distracción.^{11,12,14}

Si bien en la reconstrucción de los defectos óseos del miembro superior priorizamos el uso de los dos primeros procedimientos, en los huesos largos del miembro inferior la osteogénesis por distracción nos ha permitido resolver serios problemas con buenos resultados funcionales y bajo porcentaje de complicaciones. En este procedimiento osteoplástico se basan las técnicas aplicadas a nuestro grupo de pacientes, seleccionadas según el subtipo del grupo B de la clasificación de Paley al que pertenecen:

- B1: defecto óseo sin acortamiento → Transporte óseo (TO)
- B2: acortamiento sin defecto óseo → Elongación pura (C-D)
- B3: defecto óseo y acortamiento → Transporte óseo más elongación

La mayor virtud de esta clasificación es describir las tres situaciones que pueden presentarse en la práctica y definir el procedimiento adecuado para cada una de ellas. En nuestro algoritmo de tratamiento los defectos intercalares de menos de 5 cm en la tibia y de 7 cm en el fémur se resuelven con compresión extemporánea de los extremos óseos, acortando la columna ósea y permitiendo a su vez el cierre o disminución del defecto cutáneo. Esto origina un acortamiento sin defecto óseo (B2) que será resuelto con la técnica de elongación ósea clásica hasta equilibrar la disimetría (compresión-distracción simultánea)^{5,13,17,26} (Figs. 1 a 5).

En pérdidas óseas de mayores dimensiones preferimos evitar los acortamientos exagerados, conservar el defecto intercalar y mantener la longitud inicial del miembro (B1). En esta situación somos decididamente partidarios del transporte óseo, procedimiento que, en nuestras manos, brinda mejores resultados funcionales y estéticos que la compresión-distracción^{1,2,8,11,12,15,16,18,23,26-28} (Figs. 6 a 9).

En un estudio comparativo entre las técnicas de transporte óseo (8 pacientes) y la compresión-distracción (8 pacientes), M. Saleh obtuvo la curación en todos los ca-

sos en un tiempo promedio de 16 meses con la primera y de 9,8 meses con la segunda. En efecto, el transporte óseo es un procedimiento más prolongado que el de compresión-distracción según nuestra propia experiencia, pero esto es directamente proporcional a la magnitud de los defectos óseos tratados con esa técnica. Sin embargo, ambos procedimientos resultaron igualmente eficaces en cuanto a la calidad de la regeneración ósea, la corrección de las disimetrías y la tasa de consolidación del foco de fractura.

Cuando el defecto osteocutáneo es de gran magnitud, el acortamiento parcial de la columna ósea sin llegar al contacto de los extremos óseos puede permitir la cobertura del foco con colgajos musculares convencionales, lo que origina una situación de defecto óseo con acortamiento (B3). En estas circunstancias se inicia el transporte óseo hasta lograr el contacto de los fragmentos y luego, manteniendo la compresión de la fractura, se continúa la elongación hasta corregir la discrepancia de longitud.

Los procedimientos de distracción se efectuaron indistintamente con fijadores circulares y monolaterales según las técnicas originales. No utilizamos en ningún caso asistencia con clavos intramedulares como guía de dis-

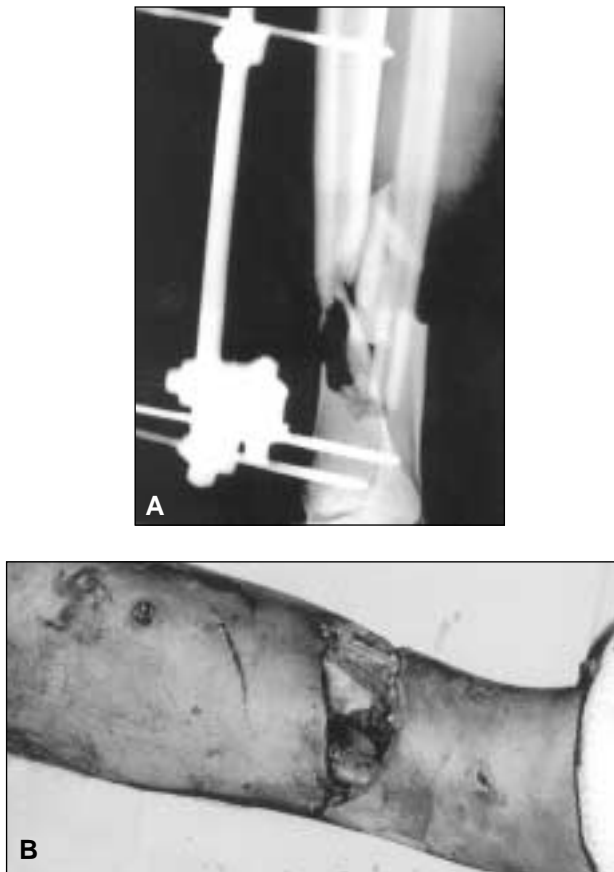


Figura 1. Caso 18 de la grilla de pacientes. Fractura expuesta grado 3B en un varón de 62 años.
A. Radiografía inicial. **B.** Pérdida de sustancia cutánea con eje mayor transversal.

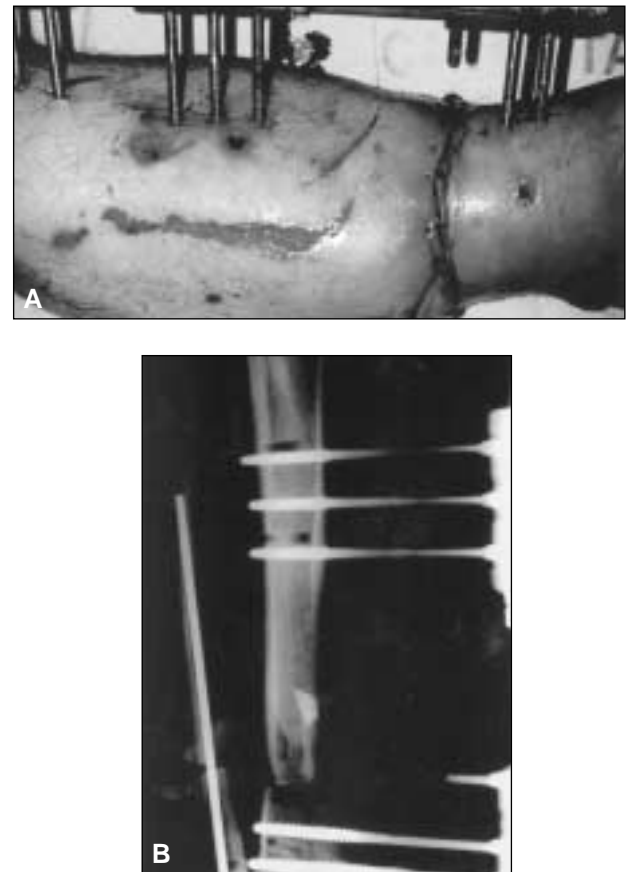


Figura 2. **A.** Compresión extemporánea del foco de fractura y cierre del defecto cutáneo. **B.** Radiografía posoperatoria con acortamiento y montaje del LRS (B2).

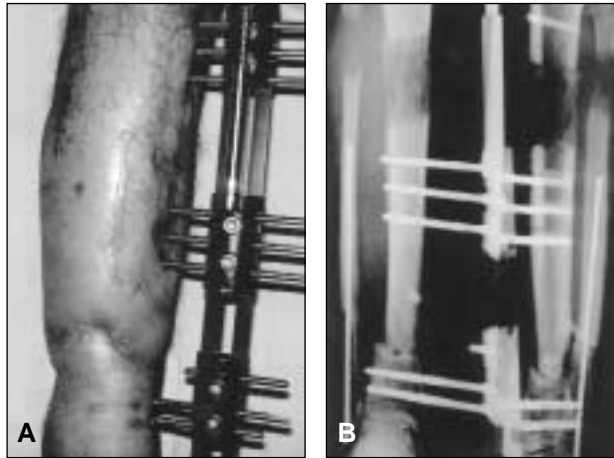


Figura 3A y B. Distracción del callo por osteotomía metafisaria proximal hasta equilibrar la disimetría.



Figura 5. Aspecto de la pierna a los 12 meses del comienzo del tratamiento.

tracción. Tampoco fue necesario apelar a las técnicas de distracción bifocal (doble osteotomía).

No hubo diferencias significativas en cuanto a la calidad de la regeneración ósea con relación a la localización de la osteotomía, aunque siempre que sea posible, preferimos emplazarla en la metafisis proximal. La técnica debe ser atraumática y respetuosa de la biología para facilitar la osteogénesis por distracción del callo y lograr la mejor regeneración en el menor tiempo.

En tres casos de transporte óseo fue necesario abordar el foco de fractura antes del contacto, en un paciente pa-

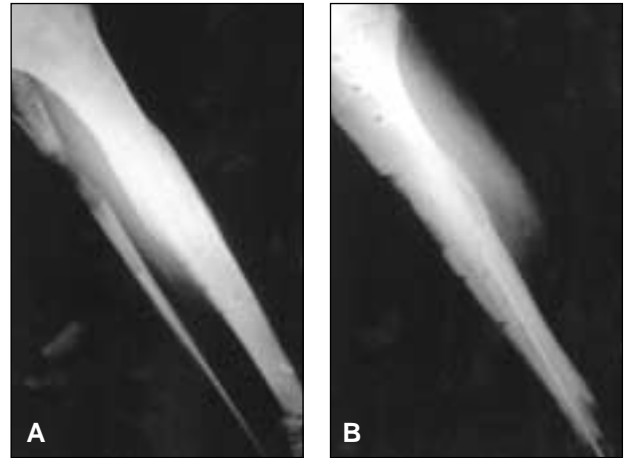


Figura 4A y B. Radiografía final con buena regeneración ósea y consolidación del foco de fractura. El fijador se retiró a los ocho meses y medio.

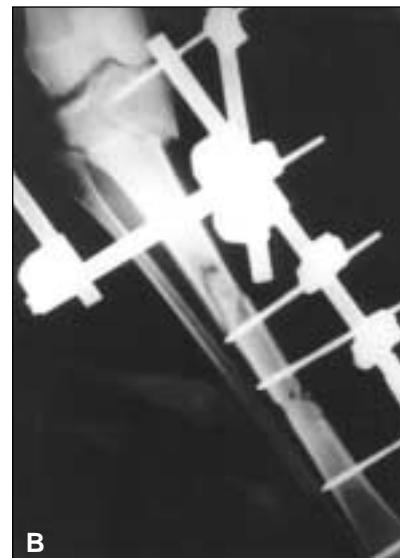


Figura 6. Caso 16 de la grilla de pacientes. Fractura expuesta grave de diáfisis tibial, platillos tibiales y rótula en una mujer de 40 años. Gran compromiso de las partes blandas. **A.** Aspecto en el ingreso. **B.** Radiografía posoperatoria inmediata con fijación externa tubular.

ra corregir el eje, y en otros dos para decorticar y aplicar injerto óseo esponjoso. No abordamos el sitio del *docking* sistemáticamente.

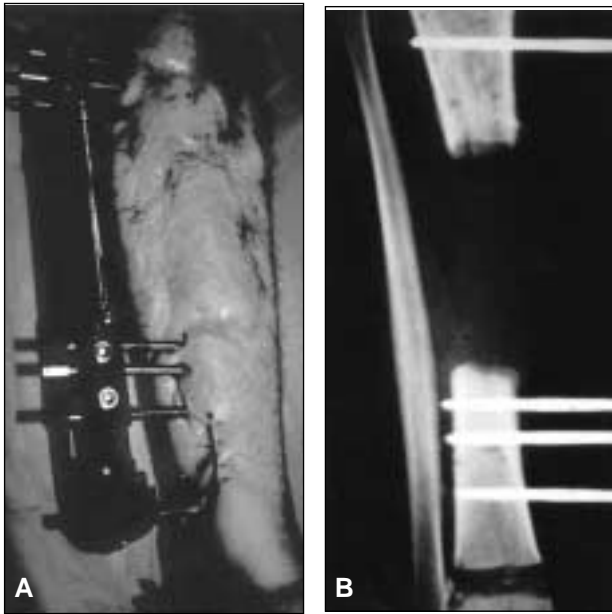


Figura 7. A. Resuelto el defecto de tejidos blandos se monta el fijador para traslado óseo.
B. Fase de distracción.

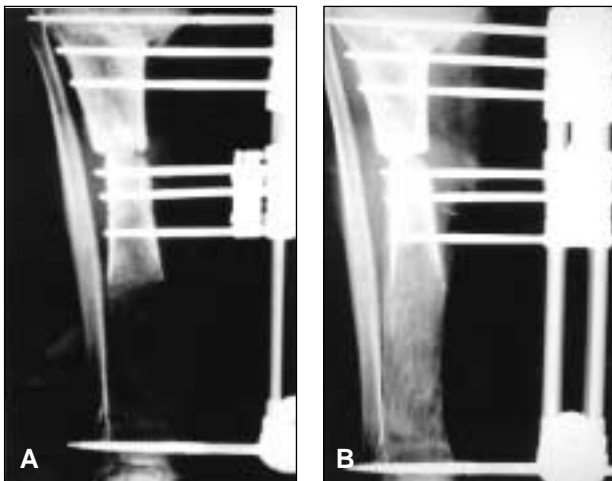


Figura 8. A. Final del traslado y contacto de los fragmentos.
B. Buena regeneración ósea distal pero seudoartrosis en el foco de fractura (*docking*).



Figura 9. A. Consolidación luego de injerto intertibioperoneo.
B. Aspecto de la pierna a los 14 meses del comienzo del tratamiento.

Referencias bibliográficas

1. Aronson J, Johnson E, Harp JH. Local bone transportation for treatment of intercalary defects by the Ilizarov technique. Biomechanical and clinical considerations. *Clin Orthop*;(243):71-79;1989.
2. Capomassi M. Defectos osteocutáneos de la pierna. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol*;63(2):63-70;1998.
3. Cattaneo R, Catagni M, Johnson E. The treatment of infected nonunions and segmental defects of the tibia by the methods of Ilizarov. *Clin Orthop*;(280):143-52;1992.
4. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, et al. Limb lengthening by callus distraction (callotaxis). *J Pediatr Orthop*; 7(2):129-134;1987.

5. **Giebel G.** Resektions-Debridement mit kompensatorischer Kallusdistraction. *Unfallchirurg*;94(8):401-408;1991.
6. **Godina M.** Early microsurgical reconstruction of complex trauma to the extremities. *Plast Reconstr Surg*;78(3):285-292;1986.
7. **Green SA, Dlabal TA.** The open bone graft for septic nonunion. *Clin Orthop*;(180):117-124;1983.
8. **Green SA, Jackson JM, Wall DM, et al.** Management of segmental defects by the Ilizarov intercalary bone transport method. *Clin Orthop*;(280):136-142;1992.
9. **Green SA.** Skeletal defects. A comparison of bone grafting and bone transport for segmental skeletal defects. *Clin Orthop*;(301):111-117;1994.
10. **Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN.** Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma*;24(8):742-746;1984.
11. **Ilizarov GA.** *Transosseous osteosynthesis.* Berlin: Springer; 1992.pp.168-183.
12. **Ilizarov GA, Ledyayev VI.** The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction osteotomy of one of the fragments 1969 (classical article). *Clin Orthop*;(280):7-10;1992.
13. **Ilizarov GA.** Basic principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis. *Orthop Travmatol Protez*;32(11):7-15;1971.
14. **Lenoble E, Lewertowski JM, Goutallier D.** Reconstruction of compound tibial and soft tissue loss using a traction histogenesis technique. *J Trauma*;39(2):356-360;1995.
15. **Lowenberg DW, Feibel RJ, Louie KW, et al.** Combined muscle flap and Ilizarov reconstruction for bone and soft tissue defects. *Clin Orthop*;(332):37-51;1996.
16. **Marsh JL, Prokuski L, Biermann JS.** Chronic infected tibial nonunions with bone loss. Conventional techniques versus bone transport. *Clin Orthop*;(301):139-146;1994.
17. **Meffert R, Tis JE, Inoue N, et al.** Primary resective shortening followed by distraction osteogenesis for limb reconstruction: a comparison with simple lengthening. *J Orthop Res*;18(4):629-36;2000.
18. **Paley D.** Treatment of tibial nonunion and bone loss with the Ilizarov technique. *Instr Course Lect*;39:185-197;1990.
19. **Paley D, Catagni MA, Argnani F, et al.** Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin Orthop*;(241):146-165;1989.
20. **Papineau LJ.** L'excision greffe avec fermeture cutanee etardee diliberee dans l'osteomyelite chronique. *Nouv Presse Med*;2(41):2753-2755;1973.
21. **Papineau LJ, Alfageme A, Dalcourt JP, et al.** Chronic osteomyelitis: open excision and grafting after saucerization (author's transl). *Int Orthop*;3(3):165-176;1979.
22. **Prokuski LJ, Marsh JL.** Segmental bone deficiency after acute trauma. The role of bone transport. *Orthop Clin North Am*;25(4):753-763;1994.
23. **Reigstad A.** Soft tissue defects and bone loss in tibial fractures-treatment with free flaps and bone transport. *Acta Orthop Scand*;68(6):615-22;1997.
24. **Roy-Camille R, Reigner B, Saillant G, et al.** Resultats de l'operation de Papineau. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*;62(3):347-362;1976.
25. **Roy-Camille R, Reigner B, Saillant G, et al.** Technique et histoire naturelle de l'intervention de Papineau. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*;62(3):337-345;1976.
26. **Saleh M.** Nonunion surgery Part 1. Basic principles of management. *Int J Orthop Trauma*;2:4-18;1992.
27. **Song HR, Cho SH, Koo KH, et al.** Tibial bone defects treated by internal bone transport using the Ilizarov method. *Int Orthop*;22(5):293-297;1998.
28. **Spiro SA, Oppenheim W, Boss WK, et al.** Reconstruction of the lower extremity after grade III distal tibial injuries using combined microsurgical free tissue transfer and bone transport by distraction osteosynthesis. *Ann Plast Surg*;30(2):97-104;1993.
29. **Watson JT, Anders M, Moed BR.** Management strategies for bone loss in tibial shaft fractures. *Clin Orthop*;(315):138-152;1995.
30. **Weiland AJ, Moore JR, Daniel RK.** Vascularized bone autografts. Experience with 41 cases. *Clin Orthop*;(174):87-95;1983.
31. **Weiland AJ, Moore JR, Hotchkiss RN.** Soft tissue procedures for reconstruction of tibial shaft fractures. *Clin Orthop*;(178):42-53;1983.