

# 1 Biomecánica y patomecánica. Etiopatogenia general

Antonio Viladot Voegeli<sup>1</sup>, Jordi Gasch Blasi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Profesor asociado de la Universidad de Barcelona. Presidente de EFAS. Clínica Tres Torres. Barcelona

<sup>2</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de Terrassa (Barcelona)

## Biomecánica y patomecánica

Los tendones peroneos se encuentran activos durante el periodo de apoyo del ciclo de marcha (Figura 1). Inician su contracción en la fase de "contacto total", cuando el antepié se apoya en el suelo, y prolongan su actividad hasta casi el final de la fase propulsiva<sup>(1)</sup>. Sus funciones son las siguientes:

### Tendón del músculo peroneo largo

Este tendón, al ser posterior al eje de movimiento del tobillo, contribuye a la flexión plantar del mismo en el momento del despegue del ciclo de marcha. Esta función plantar flexora es pobre debido a que

el tendón tiene un brazo de palanca relativamente corto. Por otra parte, al estar situado en la parte lateral del pie por fuera del eje de la subastragalina, tiene una función pronadora del retropié, a través de la subastragalina, siendo antagónico a la acción de los tibiales.

Durante el periodo de apoyo, la contracción de los peroneos traslada la carga del borde externo al borde interno del pie, y ayuda también a transferir la carga a la otra extremidad, cuando ésta inicia su contacto con el suelo.

El hecho de que el tendón peroneo largo (TPL) cruce la planta del pie, de la parte lateral a la medial y de abajo hacia arriba, para insertarse en la cara plantar de la base del primer metatarsiano, comporta dos funciones mecánicas importantes:

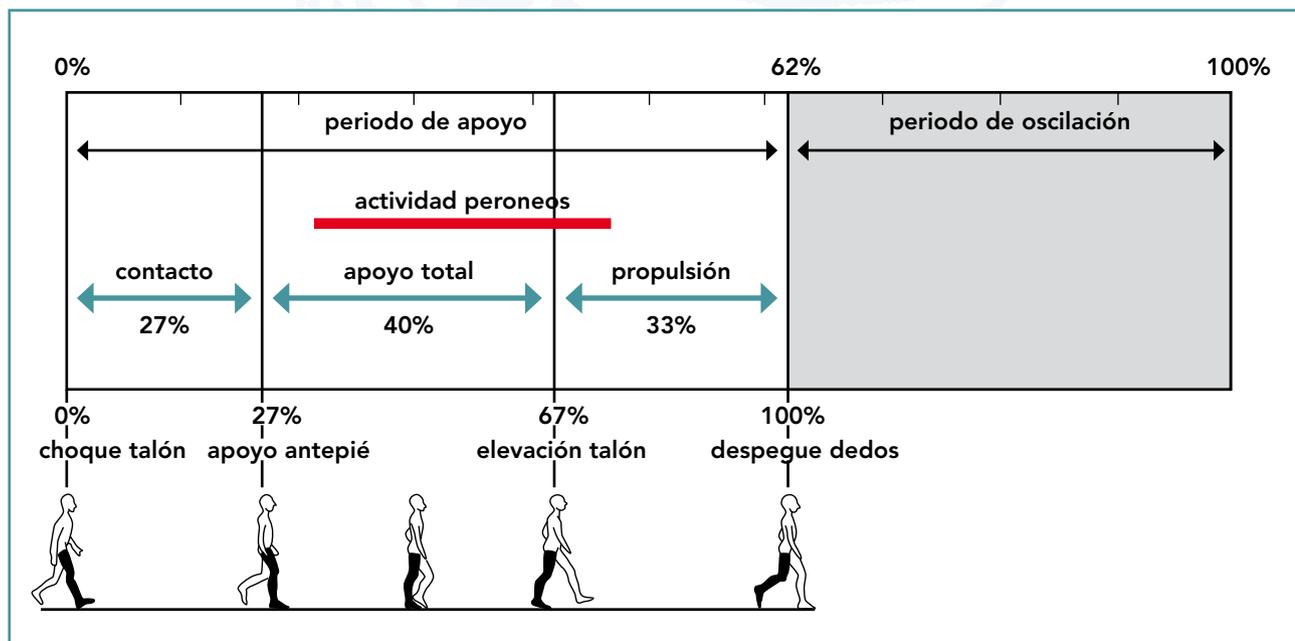


Figura 1. Esquema del ciclo de marcha. La franja roja marca el periodo de acción de los peroneos en la fase de contacto total del pie.



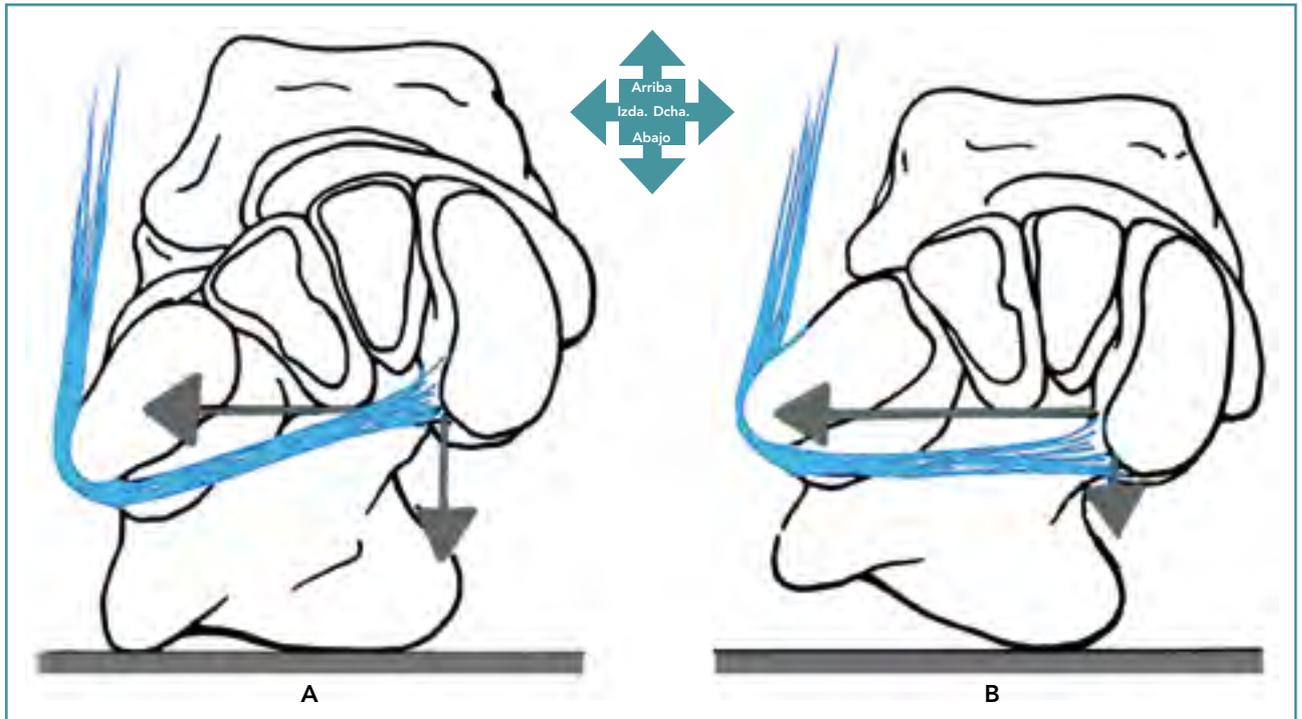


Figura 2. Descomposición de la fuerza ejercida por el peroneo lateral largo. Cuando existe un valgo de calcáneo, la fuerza del vector que desciende del primer metatarsiano disminuye.

Por un lado, el componente flexor de la fuerza ejercida por el tendón (Figura 2A) aplica la cabeza del primer metatarsiano firmemente contra el suelo en la fase de despegue de la marcha, estabilizando el primer radio, que es el último elemento en despegar. Esta función se ve disminuida cuando existe un valgo del retropié (Figura 2B), lo cual explica la metatarsalgia central que acompaña muchas veces al pie plano, la inestabilidad dorsal del primer radio y el *metatarsus primus elevatus* con *hallux flexus*, que puede evolucionar al *hallux rigidus* y al metatarso aducto.

Por otra parte, el componente abductor de la fuerza tiende a cerrar el antepié, proporcionando una estabilidad en el plano transversal al mediotarso y parte proximal del antepié. A esta estabilización contribuyen también las expansiones plantares del tibial posterior, que se entrecruzan con el TPL en esta área del pie.

### Tendón del músculo peroneo corto

Desde un punto de vista mecánico, el tendón peroneo corto (TPC) comparte con el TPL alguna de sus funciones.

En primer lugar, contribuye a la flexión plantar del tobillo aunque, en este caso, la fuerza ejercida por el TPC

es mínima por el hecho de que se encuentra muy cerca del eje de movimiento del tobillo, y su brazo de palanca es, por tanto, muy corto.

En segundo lugar, es también pronador de la subastragalina. En esta función el TPC es mucho más potente que el TPL, ya que tiene un brazo de palanca más potente con respecto al eje de la subastragalina. Participa también en la transferencia de carga del borde externo al borde interno del pie y a la extremidad contralateral.

El TPC, al insertarse en la base del quinto metatarsiano, aplica firmemente este hueso contra el cuboide y, a su vez, éste contra el calcáneo. Con esta acción se estabiliza toda la columna externa del pie, o pie calcáneo, que es el que soporta el peso del cuerpo durante el periodo de apoyo de la extremidad.

Cuando el TPC ejerce una fuerza pronadora excesiva, sea porque el músculo esté contracturado, sea porque existe una insuficiencia del tibial posterior, se produce un pie plano conocido clínicamente como "pie plano peroneo espástico".

No ocurre lo mismo cuando la contractura afecta al músculo peroneo largo. Este músculo es, además de pronador de la subastragalina, flexor plantar del primer radio y, como ya se ha indicado, la fuerza plantar flexora es mucho más importante que la pronadora, por lo que

**Tabla 1. Relación de fuerza, potencia y longitud de fibras: peroneos vs. tibial posterior**

	Fuerza (% del total)	Potencia (% del total)	Longitud fibras (cm)
Tibial posterior	6,4	6,4	4,1
Peroneo corto	2,6	2,7	4,1
Peroneo largo	5,5	6,2	4,7

su contractura provoca una importante verticalización del primer radio. Esta verticalización hace que, al contactar la cabeza del primer metatarsiano con el suelo, se provoque una fuerza de reacción que supina el retropié, formándose un pie cavo varo.

Es interesante el trabajo de Siver *et al.*<sup>(2)</sup>, que, basados en el principio de que la fuerza de un músculo es proporcional a su área de sección transversal, pesaron y midieron la longitud de las fibras musculares para determinar la fuerza relativa de los músculos que actúan sobre el tobillo y pie, obteniendo los siguientes resultados respecto a la acción del tibial posterior (inversor) y los peroneos (eversores) (Tabla 1).

## Etiopatogenia general

Existen múltiples factores que predisponen a una tendinopatía de los peroneos. Estos factores pueden ser agrupados en tres grandes grupos, que serán desarrollados a continuación:

- Factores que dependen de las características y variaciones anatómicas de los propios tendones.
- Alteraciones en la estructura ósea de la extremidad.
- Alteraciones de las partes blandas.

## Características y variaciones anatómicas de los tendones peroneos

Dentro de este grupo podemos considerar los siguientes factores:

### Cambios en el eje de tracción

Los dos tendones peroneos descienden verticalmente por la pierna y, a nivel de la punta del maléolo peroneo, sufren un cambio de dirección para dirigirse hacia anterior en dirección a su inserción. El TPL, a nivel de la hendidura del cuboides, sufre un segundo cambio de dirección para cruzar la planta del pie e ir a insertarse

en la zona plantar de la primera cuña o hueso cuneiforme medial, y en la base del primer metatarsiano. Estos cambios de dirección en el eje mecánico de tracción comportan que, en el punto de giro, el tendón se encuentre mecánicamente más solicitado, favoreciéndose su rotura.

### Zonas hipovascularizadas

La distribución de los vasos sanguíneos en los tendones peroneos no es homogénea<sup>(3)</sup>:

El TPC se encuentra prácticamente avascular en el interior del canal retromaleolar, donde es comprimido contra la pared ósea del maléolo por el TPL.

El TPL tiene dos zonas avasculares. La primera entre el maléolo peroneo y la apófisis troclear del calcáneo, y la segunda en la zona del cuboides en el punto donde cambia de dirección.

Estas zonas avasculares de los tendones peroneos favorecen, en primer lugar, la tendinosis y, posteriormente, la rotura del tendón.

### Variaciones anatómicas del *os peroneum*

Aproximadamente el 20% de la población<sup>(4,5)</sup> presenta en el seno del TPL un hueso sesamoideo (*os peroneum*), que se encuentra situado debajo del cuboides, en el punto de cambio de dirección de este tendón. Este osículo accesorio, que puede ser único, bi- o multipartito (Figura 3), constituye una zona con mayor debilidad a la tracción, y es el lugar donde frecuentemente se producen roturas del TPL.

Debido a los cambios en el eje de tracción, a las zonas hipovascularizadas y a la presencia de un *os peroneum*, se establecen unos "puntos críticos" donde son más frecuentes las lesiones de los peroneos. El TPC se lesiona habitualmente detrás del maléolo peroneo, y el TPL se lesiona con más frecuencia entre el maléolo y el cuboides o en el *os peroneum*.

### Inserción distal del vientre muscular del peroneo corto

En el 90% de la población, la unión músculo-tendinosa del músculo peroneo corto se sitúa entre 27 mm proximal y 13 mm distal a la punta del maléolo peroneo<sup>(6)</sup>. Se considera que un paciente presenta una inserción distal del vientre muscular cuando el músculo en extensión llega a más de 15 mm distal a la punta del maléolo<sup>(7)</sup>.

La presencia de fibras musculares del peroneo corto es la causa más frecuente de un contenido "anormal" en el interior del túnel osteofibroso de los peroneos



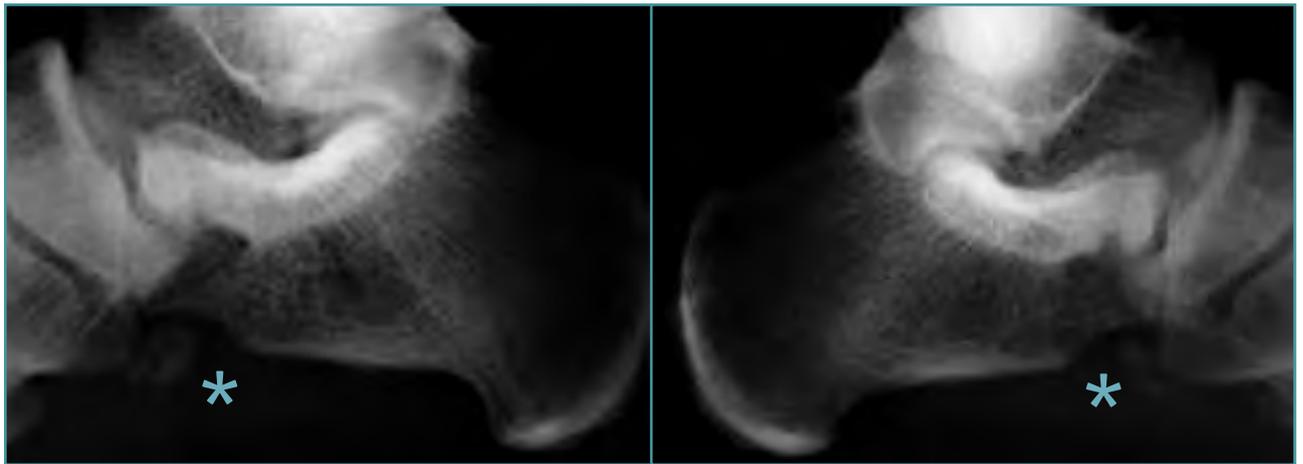


Figura 3. Radiología de *os peroneum* bi- y tripartito.

a nivel del canal retromaleolar. Cuando se da esta circunstancia, el TPC tiene poco espacio dentro del canal, tendiendo a subluxarse y, al entrar en conflicto con la cresta del borde posterior del maléolo, puede fisurarse y romperse (Figura 4A).

#### Presencia del peroneo cuarto

El vientre muscular del músculo peroneo cuarto se origina habitualmente de la masa muscular de los músculos peroneos corto y largo. El tendón descien-

de por la pierna, pasando por el surco o canal retromaleolar, y acaba insertándose en la mayoría de los casos a nivel de la cara lateral del calcáneo. Por este motivo, se denomina también "músculo peroneo calcáneo"<sup>(8)</sup>. Su incidencia está entre el 6,6% y el 27% de la población<sup>(9)</sup>.

Cuando se encuentra presente provoca, al igual que en el caso anterior, por un mecanismo de compresión por falta de espacio en el canal retromaleolar, una tendencia a la subluxación y rotura de ambos tendones peroneos (Figura 4B).

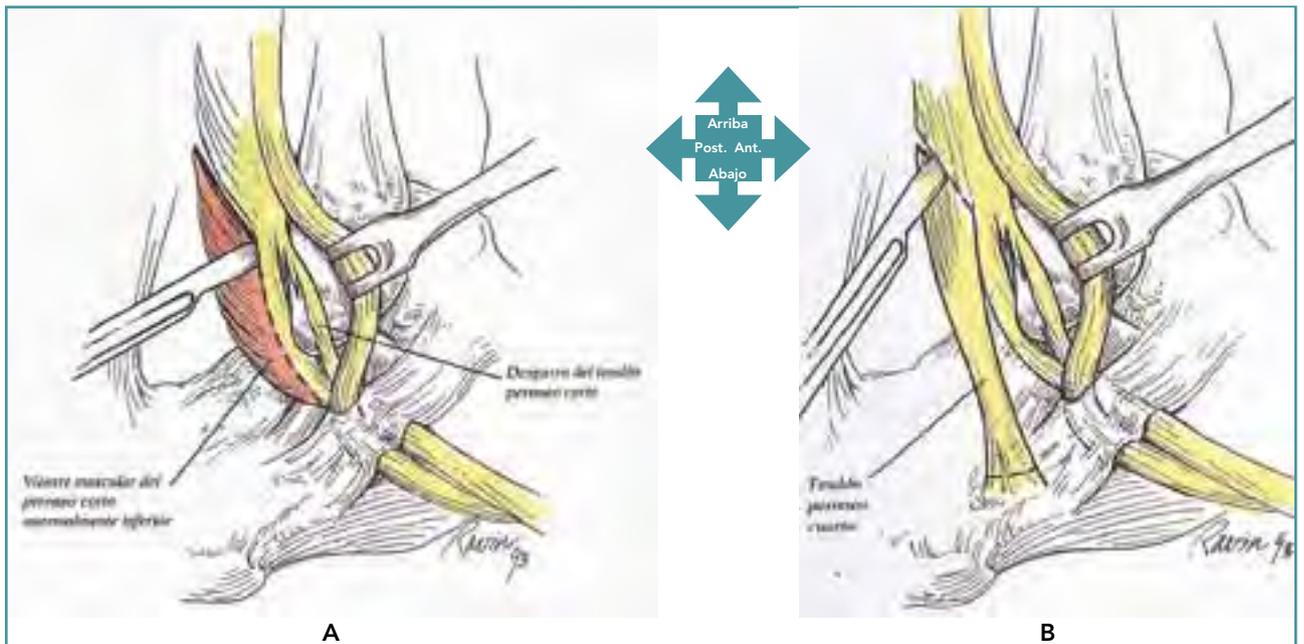


Figura 4. A: Esquema de vientre muscular bajo del PLC y esquema de rotura. B: Misma situación en el caso de un cuarto peroneo. Fuente: Johnson KA. Pie y Tobillo. Master en cirugía ortopédica. Philadelphia: Marban-Lippincott Raven Publishers; 1998.



Figura 5. Imágenes clínica y quirúrgica de una hipertrofia del tubérculo de los peroneos.

## Alteraciones de la estructura ósea

Dentro de las alteraciones de la estructura ósea que favorecen las tendinopatías de los peroneos, debemos resaltar las siguientes:

### Varo del retropié

Como se ha comentado al hablar de la biomecánica, los tendones peroneos, especialmente el TPC, son pronadores del retropié. Un varismo del calcáneo comporta una sobrecarga funcional de los peroneos en su trabajo de estabilizar el retropié en posición neutra, sobre todo en la fase de contacto con el suelo al inicio del ciclo de marcha. Ello implica que los tendones en esta situación se lesionan con gran facilidad, y explicaría por qué la cirugía reparadora de partes blandas, realizada de forma aislada, fracasa habitualmente a corto-medio plazo si no se alinea el calcáneo con el eje de la extremidad inferior.

### Hipertrofia del tubérculo de los peroneos

La apófisis troclear del calcáneo –o tubérculo de los peroneos– se encuentra presente en la población normal, y raramente tiene un tamaño superior a los 5 mm<sup>(7)</sup>. Por la parte superior de la misma discurre el TPC, y por la parte inferior el TPL. En los casos de hipertrofia de la misma (Figura 5) o en los casos de rotación interna del peroné, pueden producirse tendinopatías compresivas de los tendones peroneos<sup>(6)</sup>.

### Aplanamiento del canal retromaleolar

El surco o canal retromaleolar del peroné puede presentar diferentes formas anatómicas<sup>(6)</sup>: cóncavo, cóncavo con cresta intermedia, plano, convexo o irregular. Cuando el surco es aplanado, convexo o irregular, deja de ser continente, favoreciendo las luxaciones, las tendinitis y las roturas longitudinales<sup>(7)</sup>.

### Fracturas de calcáneo

Las fracturas de calcáneo mal reducidas pueden consolidar con un ensanchamiento de la tuberosidad mayor del calcáneo. Este ensanchamiento puede comportar una estenosis de los canales laterales del calcáneo<sup>(10)</sup>. Por este motivo, se pueden provocar tendinopatías compresivas de los tendones peroneos que obligan a una abertura y remodelación del canal lateral<sup>(11)</sup>.

## Alteraciones de las partes blandas

Dentro de este último grupo podemos considerar dos situaciones que favorecen las lesiones de los tendones peroneos:

### Inestabilidad ligamentaria lateral crónica del tobillo

Cuando existe una lesión del complejo ligamentario lateral del tobillo se pierde la estabilización pasiva que controla la inversión del pie. En estos casos, los





Figura 6. Subluxación de los peroneos con un movimiento de dorsiflexión y eversión forzada del tobillo.

estabilizadores activos (musculatura peronea) se ven hipersolicitados en su función, produciéndose las tendinitis o roturas de los peroneos por sobrecarga.

### Laxitud del retináculo superior de los peroneos

Cuando existe una laxitud del retináculo superior, los tendones peroneos dejan de estar contenidos en el interior del canal retromaleolar, por lo que los movimientos de dorsiflexión y eversión forzada del pie tienden a luxarlos (Figura 6).

## Bibliografía

1. Sutherland DH. An electromyographic study of the plantar flexors of the ankle in normal walking on the level. *J Bone Joint Surg* 1966; 48-A: 66-71.
2. Silver RL, Garza J, Rang M. The myth of muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle. *J Bone Joint Surg* 1985; 67-B (3): 432-7.
3. Petersen W, Bobka T, Stein V, Tillmann B. Blood supply of the peroneal tendons: injection and immunohistochemical studies of cadaver tendons. *Acta Orthop Scand* 2000; 71: 168-74.
4. Brandes CB, Smith RRW. Characterization of patients with primary peroneus longus tendinopathy: A review of twenty-two cases. *Foot Ankle Int* 2000; 21: 462-8.
5. Sammarco VJ, Cuttica DJ, Sammarco GJ. Lasso stitch with peroneal retinaculoplasty for repair of fractured os peroneum: A report of two cases. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468 (4): 1012-7.
6. Athavale SA, Swathi, Vangara SV. Anatomy of the superior peroneal tunnel. *J Bone Joint Surg* 2011; 93-A (6): 564-71.
7. Saupe N, Mengiardi B, Pfirrmann CW, Vienne P, Seifert B, Zanetti M. Anatomic variants associated with peroneal tendon disorders: MR imaging findings in volunteers with asymptomatic ankles. *Radiology* 2007; 242 (2): 509-17.
8. Sarrafian SK. *Anatomy of the foot and ankle*. Philadelphia: J. B. Lippincott Company; 1983.
9. Sobel M, Levy ME, Bohne WH. Congenital variations of the peroneus quartus muscle: An anatomic study. *Foot Ankle* 1990; 11: 81-9.
10. Miller WE. Pain and impairment considerations following treatment of disruptive os calcis fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1983; 177: 82-6.
11. Braly WG, Bishop JO, Tullos HS. Lateral decompression for malunited os calcis fractures. *Foot Ankle Int* 1985; 6: 90-6.