

# Fisiopatología y Patomecánica de las fracturas de Tobillo

Sous Sánchez, J. O.; Navarro Navarro, R.; Navarro García, R.; Brito Ojeda, E.; Ruiz Caballero, J. A.

## Resumen

Las fracturas de tobillo son un problema cotidiano en la actividad del Traumatólogo, algunas fuentes estiman que es el tercero en frecuencia en las urgencias de esta especialidad. Habitualmente se producen por un mecanismo indirecto, en el que se produce una tracción o rotación del tobillo con el pie sobre le suelo. El conocimiento de la biomecánica, la anatomía patológica y los mecanismos de producción de las fracturas de tobillo es indispensable para realizar el tratamiento con una técnica correcta, bien sea ortopédica o quirúrgica. En este artículo se hace una puesta al día en la fisiopatología y patomecánica de este tipo de lesiones, tanto en el adulto como en el niño.

## Introducción

Las fracturas de tobillo, considerando como tales aquéllas que afectan a la pinza bimaleolar o tibioperoneoastragalina, tienen una incidencia alta de presentación, ocupando el segundo lugar por orden de frecuencia entre todas las fracturas (Maestro et al., 1995; Keller et al., 1990). Además, son las fracturas intraarticulares más frecuentes de las articulaciones de carga y, por tanto, con grandes implicaciones biomecánicas al soportar el tobillo fuerzas equivalentes a cuatro veces el peso corporal total (Mann, 1987; Procter y Paul, 1982).

La articulación tibioperoneoastragalina, al estar dotada tan sólo de movilidad flexoextensora, no puede seguir al pie en su amplia adaptabilidad a cualquier disposición del plano de apoyo, debiendo permanecer indemne y resistir las fuerzas

de torsión, inflexión y cizallamiento que ello supone. Merced a su propia resistencia intenta disiparlos transfiriéndolos a la rodilla y la cadera, la cual con su amplia movilidad rotatoria posee una gran capacidad de absorberlos pasivamente sin que lleguen a transmitirse a la pelvis y el tronco. No obstante, cuando el pie es sometido a un estrés de torsión, inflexión o cizallamiento que por su magnitud sorprende a la articulación tibioperoneoastragalina, ésta queda en situación de riesgo y, como consecuencia, surgen las lesiones de los elementos de contención y protección articulares, dando origen a los esguinces, las fracturas maleolares con subluxación astragalina o, más raramente, las luxaciones puras del astrágalo (Ruiz Caballero, 1996).

## Fisiopatología de las lesiones traumáticas del tobillo

Una de cada cuatro lesiones producidas en el deporte afecta al pie y el tobillo (Garrick y Recua, 1988; Ruiz Caballero, 1996). Las lesiones traumáticas del tobillo pueden dividirse en (Ballester y Borrell, 1999):

- Lesiones osteoligamentarias del sistema de contención. Son las que provocan una lesión anatómofuncional de la pinza maleolar, denominadas fracturas maleolares.
- Fracturas que comprometen el sistema de apoyo o techo de sostén supraastragalino. Se les ha denominado clásicamente fracturas del pilón tibial.
- Fracturas mixtas, en las que están asociados ambos tipos de lesión.

- Lesiones ligamentarias puras (esguinces y luxaciones).

La articulación tibioperoneoastragalina (ATPA) se encuentra reforzada por un sistema de contención ósea y de retención capsuloligamentosa, con objeto de impedir los movimientos de varo y valgo del astrágalo dentro de la mortaja tibioperonea. La conjunción de estos elementos óseos, cartilagosos, ligamentarios y capsulares constituyen en su conjunto lo que Neer (1953) denominó "mecanismo de apriete elástico del astrágalo". Según este concepto, el astrágalo queda encerrado en un círculo o aro elástico, cuyos topes óseos los forman la pinza maleolar, el pilón tibial y la articulación subastragalina, en tanto que la sindesmosis tibioperoneal, los ligamentos de la ATPA y la cápsula articular constituyen el cierre elástico de tal mecanismo. A su vez, el astrágalo, libre de inserciones musculares, en caso de ser sometido a fuerzas excéntricas importantes puede contribuir a la pérdida de continuidad de este sistema de contención, convirtiéndose en su auténtico "verdugo". Así sucede en lesiones por mecanismo de alta energía, en las que el astrágalo fuerza las estructuras circundantes, resultando desde un esguince grave hasta una fractura-luxación abierta de la ATPA (Llanos, 1997).

El esguince de tobillo es una lesión común en el deporte y la patología que presenta la frecuencia de asistencia más alta a los servicios de urgencias. No obstante, otras lesiones del pie medio y posterior se presentan con síntomas similares al esguince de tobillo, por lo que deben ser tomadas en consideración.

Entre estas patologías se incluyen: las fracturas del espolón calcáneo, las fracturas del navicular, el desgarro del retináculo superior, las fracturas del trígono, las fracturas de la base del quinto hueso metatarsiano y la subluxación del cuboides (Garrick y Requa, 1988).

Las fracturas del calcáneo ocurren cuando el pie es adducido en flexión plantar. La tensión se sitúa en el ligamento bifurcado, que conecta la protuberancia del calcáneo con los huesos cuboides y navicular. El paciente se queja de dolor y tiene un punto sensible en el área equidistante entre el maléolo y la base del quinto metatarsiano. El periodo de convalecencia es usualmente lento requiriendo de 6 a 8 semanas, aunque generalmente el pronóstico es bueno. Se sospechará esta fractura en aquellas lesiones en las que el dolor persiste por varias semanas (Degan, Morrey y Braun, 1982).

Las fracturas por avulsión del navicular incluyen aproximadamente el 50% de todas las fracturas del mismo y son causadas por una evasión aguda del pie, resultante de la tensión en el tendón tibial posterior y en las fibras del ligamento deltoideo. La unión fibrosa de estos fragmentos ocurre frecuentemente como consecuencia de la poca circulación del hueso fracturado. Generalmente, un fragmento no unido no debe producir sintomatología, a menos que sea largo. La escisión de este fragmento sólo debe realizarse necesariamente si ejerce presión con el calzado.

El retináculo superior constituye una parte de la vaina del tendón peroneo y del maléolo lateral. Puede considerarse como una fibrosis que termina en el periostio del calcáneo. Cuando se lesiona llega a separarse de su unión perineal, generalmente por un mecanismo de dorsiflexión y una fuerte contracción de los músculos circundantes que terminan produciendo el desgarro del retináculo del peroné.

Las lesiones del trígono son sufridas generalmente por deportistas cuyos deportes involucran una enérgica flexión plantar del pie, tales como el fútbol, baloncesto o el lanzamiento de jabalina (Ruiz-Caballero, 1996). El trígono es un hueso accesorio del tubérculo lateral del astrágalo que se encuentra en uno de cada diez tobillos, aproximadamente. Cuando se produce una fractura aguda, el paciente presenta dolor en la región posterolateral del tobillo y restricción del movimiento de la articulación subastragalina. Tanto la flexión activa como la hiperextensión pasiva del primer dedo del pie pueden producir dolor. Las radiografías muestran una espesa e irregular superficie de la fractura opuesta a una redonda y lisa superficie del hueso accesorio unido. El tratamiento consiste en un yeso corto en la pierna o un vendaje de compresión y protección de sobrecarga de peso durante 4-6 semanas. La escisión quirúrgica del trígono, junto a una división del flexor "hallucis longus", será necesaria si falla el tratamiento ortopédico.

Las fracturas de la base del quinto metatarsiano pueden ocurrir de forma indirecta, al igual que las fracturas peroneales leves, por inversiones del antepié con avulsión del hueso. La mayoría de estas fracturas se pueden tratar con un yeso para andar o una bota móvil durante 4-6 semanas, tras lo cual el paciente puede reincorporarse a su actividad deportiva. Las pseudoartrosis son raras, pero cuando ocurren, requieren poco o ningún tratamiento si no producen sintomatología. En caso de ser sintomáticas pueden ser tratadas, en su mayoría, mediante escisión del fragmento y sutura del peroneo lateral corto a la superficie de fractura de la base del metatarsiano (McDerrnott, 1993).

La subluxación del cuboides es una lesión considerada rara que produce dolor en el mediopié, sobre la planta y parte lateral. Esta condición está descrita en podología y literatura ortopédica, pero es en los últimos años cuando ha sido

señalada como entidad significativa en medicina del deporte. Marshall y Hamilton (1992) encuentran, en un estudio con una muestra de bailarines, que el 17% del total de las lesiones de tobillo y pie se deben a la subluxación del cuboides. Por su parte, Newell y Woodie (1981), en un estudio de revisión de los registros de 3600 atletas con lesiones en el pie y tobillo, obtienen que el 40% de los síntomas proviene del hueso cuboides. Un cuboides subluxado puede resultar de un tratamiento de esguince lateral del pie en presencia de laxitud del ligamento dorsal y de hiper movilidad de la unión del mediopié (Ruiz-Caballero, 1996). La reducción completa consigue anular la sintomatología clínica del paciente e incrementar la movilidad del mediopié (Everson, Galloway y Suh, 1991).

Las lesiones de tobillo rara vez son por golpe directo, habitualmente se producen por mecanismos indirectos que fuerzan al tobillo en rotación, abducción o aducción, en el curso de una caída o práctica deportiva, produciéndose lesiones ligamentosas, de los maléolos, o la combinación de ambos.

#### *Inestabilidad anteroposterior de la articulación tibioperoneoatragalina*

La amplitud de los movimientos de flexoextensión está, ante todo, determinada por el desarrollo de las superficies articulares. Cuando los movimientos de flexoextensión sobrepasan la amplitud permitida, uno de los elementos debe ceder necesariamente. De esta forma, la hiperextensión puede provocar una luxación posterior con una ruptura capsuloligamentosa más o menos completa, o una fractura del margen posterior o tercer maléolo, induciendo así una subluxación posterior. La deformación puede reproducirse incluso después de una reducción correcta (deformación incoercible) si el fragmento marginal supera en desarrollo el tercio de la superficie tibial, entonces será preciso fijarlo quirúrgica-

mente (colocación de un tornillo). Del mismo modo, la hiperflexión puede provocar una luxación anterior o una fractura del margen anterior (Kapandji, 1998).

En el esguince del ligamento lateral externo, el haz anterior es el primero que se solicita: en primer lugar, en caso de esguince benigno estará simplemente "estirado", se rompe en los esguinces graves. Entonces es posible poner de manifiesto un cajón anterior, clínicamente o, sobre todo, radiológicamente: el astrágalo se desplaza hacia delante y los dos arcos de círculo de la polea astragalina y del techo de la mortaja tibial han dejado de ser concéntricos; cuando los centros de la curva están desplazados más de 4-5 mm, existe una ruptura del haz anterior del ligamento lateral externo (Kapandji, 1998).

### 2.2 Inestabilidad transversal de la articulación tibioperoneoastragalina

Cuando un movimiento forzado de abducción dirige el pie hacia fuera, la carilla externa del astrágalo ejerce una presión sobre el maléolo peroneo. Se pueden dar entonces varias posibilidades (Kapandji, 1998):

- a) La pinza bimaleolar se disloca por ruptura de los ligamentos peroneotibiales inferiores apareciendo, de este modo, la diastasis intertibioperonea. El astrágalo deja de estar sujeto y puede realizar movimientos de lateralidad; también puede efectuar una rotación sobre su eje longitudinal, favorecida por una elongación del ligamento lateral interno; por último, puede girar en torno a su eje vertical, mientras que la parte posterior de la polea hace saltar el margen posterior.
- b) Si el movimiento va más allá, el ligamento lateral interno se rompe: se trata del esguince grave del ligamento deltoideo asociado a diastasis intertibioperonea.

- c) Si el maléolo interno el que cede al mismo tiempo que el externo por encima de los ligamentos peroneotibiales inferiores, se provoca una fractura de Dupuytren "alta". A veces, la línea de fractura peronea está situada mucho más arriba, en el cuello: se trata de la fractura de Maisonneuve.
- d) Con frecuencia, los ligamentos tibioperoneos inferiores resisten, o al menos el anterior. La fractura del maléolo interno se asocia, entonces, a una fractura del maléolo externo por debajo o a través de la articulación peroneotibial inferior. En este caso se habla de una fractura de Dupuytren "baja" o de una de sus equivalentes cuando una ruptura del ligamento deltoideo sustituye la fractura del maléolo interno. Las fracturas "bajas" de Dupuytren conllevan a menudo una fractura asociada del margen posterior con desprendimiento de un tercer fragmento posterior que puede formar un bloque con el fragmento maleolar interno.

Junto a estas dislocaciones de la pinza maleolar producidas por un movimiento de abducción, se pueden observar también fracturas bimaleolares por aducción: la punta del pie, dirigida hacia dentro, hace que el astrágalo gire alrededor de su eje vertical, la carilla interna hace saltar el maléolo interno y la báscula del astrágalo rompe el maléolo externo a la altura del pilón tibial.

Sin embargo, la mayoría de las veces el movimiento de aducción o de inversión no conduce a una fractura sino a un esguince del ligamento lateral externo. Afortunadamente, en la mayoría de los casos el esguince es benigno, ya que el ligamento está distendido pero no roto. Por el contrario, en el caso de un esguince grave con ruptura del ligamento lateral externo, la estabilidad de la articulación tibiotalariana se ve comprometida. En una radiografía anterior del tobillo en

versión forzada se puede constatar una báscula del astrágalo: ambas líneas de la interlínea superior, en vez de estar paralelas, forman un ángulo abierto hacia fuera superior a los 10-12°.

Es preciso tener en cuenta que todas estas lesiones que afectan a la pinza bimaleolar exigen un tratamiento que conlleve una estricta corrección anatómica para restablecer la estabilidad y el funcionamiento normal de la articulación tibioperoneoastragalina.

### **Fisiopatología de las fracturas maleolares**

Los mismos traumatismos que provocan los esguinces, pero con mayor intensidad, provocan las fracturas maleolares. Los traumatismos que provocan lesiones maleolares producen fuerzas de tracción en una vertiente y fuerzas de rotación o compresión en otra vertiente, existiendo, en la gran mayoría de casos, dos puntos de lesión. Las fuerzas de tracción dan lugar a lesiones ligamentosas o trazos de fractura trasversos, las fuerzas de compresión trazos oblicuos y las fuerzas de rotación trazos espiroideos.

Durante la primera mitad de la fase de apoyo del paso, el astrágalo tiende a proyectarse contra el ángulo tibioperoneo; con ello se pone en tensión la sindesmosis fibioperonea y el pie tiende a valguzarse. Esta fuerza de valguzación y proyección superoexterna es compensada normalmente por la tensión del ligamento deltoideo y los supinadores. Durante la flexión plantar que después se efectúa, el eje transversal del astrágalo cambia de posición, descendiendo a causa de la forma del hueso, de manera que el eje de rotación incide en ángulo recto sobre la cara articular externa del astrágalo. Todo ello nos permite saber que, durante la fase de apoyo, el maléolo peroneo actúa como pilar de sostén. Por eso precisamente, en el tratamiento de las fracturas del tobillo es primordial una exacta y sólida reparación del maléolo peroneo, sin la cual no es

posible asegurar un buen cierre de la mortaja. Si se alteran las relaciones de presión normales aparece una alteración biomecánica que, en una fase más avanzada, conduce a la artrosis (Borrell, Saló y Ferrán, 2000).

En las fracturas de peroné se altera la articulación tibioperonea, aun en los casos en que los ligamentos permanecen intactos. Esto se debe a que el fragmento distal tiende a ascender, rotar y desplazarse hacia fuera y bascular hacia atrás. Al ascender el peroné, como se ensancha en su parte inferior, deja de adaptarse a la cavidad articular correspondiente a la tibia, para cabalgar sobre sus bordes, con lo cual la mortaja tibial se ensancha. Por otra parte, en el plano frontal, la superficie articular del maléolo externo no está en el mismo plano del eje longitudinal del peroné, sino en un plano que es valgo con respecto al anterior. Por tanto, si el peroné asciende, la superficie articular se separa hacia fuera, lo cual constituye también otra causa de ensanchamiento de la pinza maleolar (Borrell et al., 2000).

Si después de una fractura el peroné consolida con acortamiento, debido al ensanchamiento descrito anteriormente, el desplazamiento del astrágalo hacia el ángulo superoexterno rebasa los límites de la normalidad, sobre todo si el ligamento deltoideo está alargado, si el maléolo tibial es insuficiente o si presenta una consolidación viciosa tras una fractura. Incluso en caso de normalidad, estas dos últimas estructuras quedan sometidas a una tracción anormal, causa de molestias, insuficiencias, edemas, etc. Estos hechos son los que en otro aspecto influyen, además de las conocidas interposiciones de partes blandas, en la producción de pseudoartrosis del maléolo interno (Ballester y Borrell, 1999).

Como hemos dicho, el fragmento distal de las fracturas del peroné tiende a rotar hacia fuera y bascular hacia atrás, en el primer caso por la acción de los peroneos y en el segundo por la acción del liga-

mento tibioperoneo posterior que actúa como un gozne, mientras que el fragmento proximal se mantiene en posición por la membrana interósea (Ballester y Borrell, 1999). Estas alteraciones anatómicas tienden a producir una incongruencia articular y artrosis. En determinadas fracturas (supinación-aducción), el peroné puede consolidar con alargamiento, que causa basculación en varo del astrágalo (Borrell et al., 2000).

La acción dinámica del lado opuesto de la pinza no es despreciable. Efectivamente, por una parte, el ligamento deltoideo tiende a impedir un mayor desplazamiento externo del astrágalo, como se demuestra por el hecho de que con el maléolo peroneo ausente el desplazamiento es de 2 mm, si el ligamento deltoideo está intacto, y de 7 mm si está roto. Por otra parte, si el ligamento deltoideo o el maléolo tibial están rotos, la tendencia a la luxación en valgo del astrágalo es mayor y, por tanto, es anormal su repercusión peroneal sobre el ángulo superoexterno de la mortaja, así como la tensión a que se somete la sindesmosis (Ballester y Borrell, 1999).

Como hemos visto, el sistema ligamentario tiene en la dinámica del tobillo tanta importancia como el óseo, de aquí la estrecha vinculación entre las lesiones óseas y ligamentarias y sus consecuencias (Lauge-Hansen, 1950). Los ligamentos sindesmóticos y la membrana interósea mantienen las dimensiones transversales normales de la pinza, pero permiten cierto grado de movilidad por su elasticidad. En efecto, en la dorsiflexión del pie, debido al aumento de longitud del eje transversal del astrágalo en su parte anterior, la sindesmosis permite un ensanchamiento de la pinza de unos 2 mm. Por otra parte, la flexibilidad de la sindesmosis permite que el peroné pueda moverse en los planos antero-posterior, rotatorio y vertical (Weber, 1971). Como resultado de lo anterior, se comprende que, en el tratamiento de las lesiones que

comprometen la sindesmosis, habrá que tener cuidado de no afectar su elasticidad, que es consustancial con su función (Ballester y Borrell, 1999).

Estos conceptos ponen de manifiesto la absoluta necesidad de una restitución anatómica total y exacta en las lesiones traumáticas del tobillo, en las que siempre hay que tener presentes las lesiones ligamentarias, además de las óseas (Borrell et al., 2000).

### **Patomecánica de las lesiones osteoligamentarias del sistema de contención del tobillo**

Las fuerzas de energía relativamente baja, debidas a acciones como tropezarse o torcerse un tobillo, son la causa más común de las fracturas de tobillo. Las fuerzas de alta energía, directas o indirectas, como aquellas que se producen en accidentes de tráfico, pueden también provocar fracturas de tobillo. Dichas fracturas están a menudo asociadas con importantes lesiones de tejidos blandos, así como con luxación de la articulación del tobillo.

En los mecanismos de producción de las fracturas del tobillo influyen muchos factores: edad, calidad ósea, posición del pie en el momento de la lesión, magnitud y dirección de la fuerza, etc. (Coello, 1997).

El examen de las características y orientación del trazo de fractura maleolar en las lesiones del tobillo permite intuir su mecanismo de producción. Así, cuando el trazo fracturario es de dirección transversa con respecto al eje longitudinal del maléolo, puede deducirse que la fractura es producida por una acción de tracción transmitida por el ligamento que en él se inserta, ya que el tejido ligamentoso es capaz de resistir mejor a la tracción que el tejido óseo corticoesponjoso del maléolo. En cambio, si el trazo de fractura maleolar es de dirección oblicua, habrá que deducir que el mecanismo de producción se debe a un movimiento de infle-

xi3n consecutiva al empuje del astr3galo; la cortical maleolar yuxtaastragalina es sometida a una fuerza de tensi3n con inflexi3n de fa misma, a la par que en la cortical maleolar externa se produce una acci3n de compresi3n con posible conminuci3n. Como consecuencia, el trazo de fractura ser3 oblicuo de abajo hacia arriba, inici3ndose en la cortical yuxtaastragalina y alcanzando la cortical opuesta del mal3olo. Esto es lo que sucede cuando la fractura maleolar es producida por el volteo en valgo o en varo del astr3galo (Ruiz-Caballero, 1996).

En el mecanismo tan frecuente de rotaci3n externa, el trazo de la fractura maleolar es igualmente oblicuo, pero de delante hacia atr3s y de abajo hacia arriba, producido por el empuje que supone el estr3s rotacional del astr3galo. Se inicia por un mecanismo de tracci3n en la cortical maleolar anterior y se prolonga oblicuamente hacia atr3s, hasta completarse la fractura en la cortical opuesta por una fuerza de compresi3n y, por tanto, con posible conminuci3n de la misma.

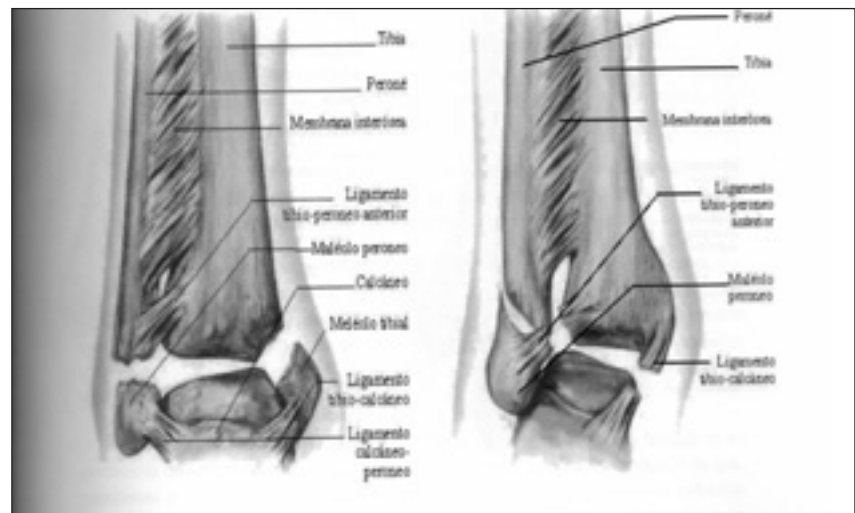
El patr3n de la lesi3n del tobillo depende de la posici3n del pie en el momento de la lesi3n, que puede ser tanto en supinaci3n como pronaci3n. La combinaci3n de la posici3n del pie y la fuerza deformante proporciona un patr3n característico de fractura de tobillo.

Lauge-Hansen (1950) divide los mecanismos lesionales de la articulaci3n del tobillo en cuatro categorías principales: supinaci3n-adducci3n, supinaci3n-eversi3n (supinaci3n-rotaci3n externa), pronaci3n-eversi3n (pronaci3n-rotaci3n externa) y pronaci3n-abducci3n (fig. 1- 2):

a) Lesiones por supinaci3n-adducci3n (SA): Por este mecanismo se produce la fractura de la porci3n distal del peron3 o la rotura de su ligamento externo, acompa1ando o no la fractura vertical u oblicua del mal3olo tibial. La membrana inter3sea se encuentra conservada en toda su extensi3n.

b) Lesiones por supinaci3n-eversi3n (supinaci3n-rotaci3n externa) (SE): este mecanismo predispone a la fractura espiral u oblicua del mal3olo peroneo con arrancamiento del liga-

mento tibio-peroneo anterior, fractura del mal3olo tibial o del ligamento lateral, fractura marginal posterior de la tibia y ruptura del ligamento tibioperoneo posterior.

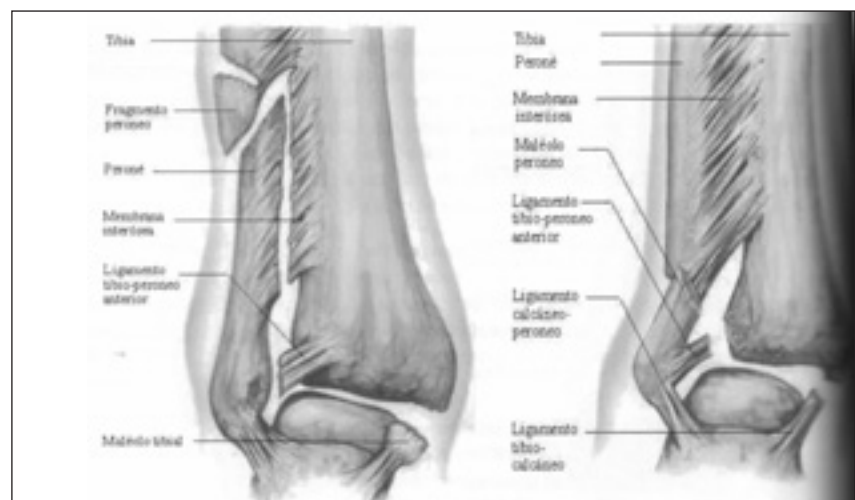


**Figura 1**  
Fracturas de tobillo por mecanismos de supinaci3n-adducci3n (izquierda) y supinaci3n-eversi3n (derecha)

c) Lesiones por pronaci3n-eversi3n (pronaci3n-rotaci3n externa) (PE): este tipo de mecanismo involucra varias estructuras: fractura del mal3olo tibial o ruptura del ligamento lateral interno, ruptura del ligamento tibio-peroneo anterior y de la membrana inter3sea, fractura espiral u oblicua del peron3 a nivel diafisario, y fractura marginal posterior de la tibia o rup-

tura del ligamento tibio peroneo posterior.

d) Lesiones por pronaci3n-abducci3n (PA): debido a este mecanismo se produce la fractura diafisaria del peron3, del mal3olo interno o de su equivalente ligamento lateral interno, como as3 tambi3n la rotura del ligamento tibio-peroneo anterior. Puede presentar lesi3n de la membrana inter3sea.



**Figura 2**  
Fracturas de tobillo por mecanismos de pronaci3n-eversi3n (izquierda) y pronaci3n-abducci3n (derecha)

Muchas lesiones suceden al caminar o al correr. En estas circunstancias se producen fuerzas adicionales transmitidas a la región posterior de la superficie articular inferior de la tibia (maléolo posterior). Asimismo, pueden producirse lesiones por compresión causadas por: (1) caídas desde altura, fuerzas transmitidas en dirección vertical por impacto sobre el talón, o (2) tras una desaceleración rápida en accidentes de coche, que empeoran en ocasiones por los pedales que se empotran hacia el interior y provocan una flexión dorsal forzada del tobillo. En este tipo de lesiones es frecuente la conminución.

La función de la mortaja del tobillo se ve amenazada cuando los maléolos se fracturan o los ligamentos tibioperoneos se rompen. La estabilidad del astrágalo también puede disminuir por la rotura del ligamento medial o lateral. La lesión más frecuente se produce al rotar el astrágalo en la mortaja con fractura de uno o ambos maléolos.

La rotación externa del astrágalo puede producirse por dos mecanismos:

- 1) El pie actúa como una palanca larga y cualquier fuerza rotatoria aplicada en la región medial del pie se transmite al astrágalo amplificada como en cualquier sistema mecánico de palanca. Puede producirse una fuerza de mayor magnitud si, por ejemplo, el pie está unido a un esquí.
- 2) El eje de movimiento de la articulación subastragalina es oblicuo en dirección del pliegue. La inversión del talón produce una rotación externa del astrágalo. Un antecedente habitual es una "torcedura del tobillo" en terreno irregular.

El astrágalo puede verse forzado en una aducción relativamente pura, como, por ejemplo, cuando el lateral del pie en inversión choca con fuerza contra el suelo. La rotación externa del astrágalo, producida por la inversión del calcáneo, está contrarrestada por la rotación

interna del golpe, lo que provoca una aducción neta. De manera análoga, si se aplica una fuerza sobre la región medial del talón y el pie, el astrágalo tiende a la abducción en la mortaja del tobillo.

Una sistematización de las lesiones fracturarias ligamentosas del tobillo, fundada en su mecanismo de producción (sistematización genética), ofrecería la sugestiva conclusión de que, conociendo el mecanismo de producción de la fractura, se conseguiría fácilmente su reducción imprimiéndole al pie el mismo mecanismo, pero en sentido contrario, y su contención sería segura si el enyesado inmovilizador lo mantuviera en la posición contraria a su mecanismo de producción, previniendo así su desplazamiento dentro del mismo. Una radiografía tomada en posición forzada en el mecanismo productor (radiografía sostenida), permitiría confirmar el mecanismo productor, la maniobra de reducción y la posición de inmovilización (Ruiz-Caballero, 1996).

### **Patomecánica de las fracturas bimaleolares de tobillo**

Las fracturas bimaleolares se producen por la progresión de determinadas fuerzas deformantes sobre la articulación del tobillo que, detenidas a tiempo, propiciarían lesiones más leves. La afectación de dos o más puntos de la mortaja tibioperoneoastragalina supone su inestabilidad, por lo que en la inmensa mayoría de los casos las fracturas bimaleolares requerirán tratamiento quirúrgico (Navarro et al., 2008).

La aplicación de fuerzas patomecánicas en el complejo articular del tobillo propicia patrones de lesión objetivados clínicamente y experimentalmente. El fallo inicial y la progresión de la lesión vienen determinados por la posición del pie durante la carga y la dirección de la fuerza. Un fallo o fracaso ligamentoso completo es el equivalente biomecánico a un fracaso óseo segmentario. Cargas verticales excéntricas

conducen a una compresión asimétrica que genera, con frecuencia, un momento de flexión o inclinación, el cual complica el patrón de fractura que se observa. La posición de la articulación en el momento de la compresión axial genera un anclaje y cargas tensiles en las partes blandas y producen un impacto torsional entre el astrágalo y la mortaja del tobillo. La carga axial vertical de la tibia y peroné también contribuye a variar la orientación de las fracturas en estos segmentos.

Los momentos angulares adicionales combinados con la flexura de huesos largos y compresión axial introducen complejos mecanismos de carga que parecen ser responsables de los diferentes patrones de fracturas. Los mecanismos torsionales producen patrones helicoidales de los segmentos largos óseos que frecuentemente dan lugar a luxaciones del tobillo en lesiones de estadía final, especialmente cuando los segmentos maleolares medial y posterior han fallado. El pie pronado forzosamente aplica tensiones al ligamento deltoideo, mientras que el ligamento lateral opuesto se afloja. La tensión aplicada al ligamento lateral durante la supinación forzada afloja el ligamento deltoideo. La carga puede ser dirigida hacia medial o hacia lateral, o ser torsional, produciendo diferentes tipos de fracturas dependiendo de la magnitud de la carga axial que se aplica a través de la bipedestación.

La manera más común de fractura de tobillo es la carga combinada. Todo esto se sintetiza en la clasificación de Lauge-Hansen, más precisa y detallada. Se basa en la posición del pie en la dirección de la carga para describir las fracturas de tobillo en adultos.

En las fracturas bimaleolares no debe haber en principio rotura ligamentosa de los complejos laterales o mediales, pues el elemento del complejo que ha fallado ha sido el hueso. Sí puede haber, por el contrario, lesión sindesmótica asociada. Estas fracturas suelen ser los estadios finales de cada patrón lesio-

nal y derivan en una inestabilidad del tobillo, por lo que son, en principio, de indicación quirúrgica (Navarro et al., 2008).

Las fracturas bimaleolares interrumpen las estructuras mediales y laterales que estabilizan la articulación del tobillo. El desplazamiento reduce el área de contacto tibiotalar y altera la cinemática del tobillo. La reducción cerrada puede ser lograda, pero no mantenida en la posición anatómica debido al edema resultante. La no unión se ha reportado en el aproximadamente 10% de fracturas bimaleolares tratadas por métodos cerrados, aunque éstos no son siempre sintomáticos. Más del 20% de las fracturas bimaleolares implican lesiones intraarticulares del astrágalo y de la tibia; estas lesiones conllevan a la no curación cuando se utilizan métodos cerrados (Dahners, 1990).

Para la mayoría de las fracturas bimaleolares desplazadas, se recomienda la reducción abierta y la fijación interna de ambos maléolos. La mayoría de las fracturas tipo B de Weber y las fracturas maleolares laterales tipo C se estabilizan con fijación con placa y tornillos (Dahners, 1990; Jiménez, 2007).

El tratamiento operativo de fracturas periarticulares y las fracturas del tobillo se limita probablemente a dos períodos: temprano y tardío. La reducción abierta y la fijación interna pueden ser posibles dentro de las primeras 12 horas después de la lesión pero no puede ser posible después de 2 a 3 semanas debido al edema excesivo. El cierre por segunda intención de la herida e incluso el injerto de piel puede ser necesario cuando hay demasiado edema (Jiménez, 2007; Limbird y Aaron, 1987).

### **Patomecánica de las fracturas trimaleolares de tobillo**

Las fracturas trimaleolares son causadas generalmente por una abducción o lesión por rotación externa. Además de fracturas del maléolo medial y el peroné, el labio posterior de la superficie articular

de la tibia se fractura y se desplaza, permitiendo la dislocación posterior y lateral y la rotación externa con la supinación del pie. El maléolo interno puede permanecer intacto, con un desgarro del ligamento deltoideo que ocurre en vez de una fractura maleolar (Grantham, 1990).

Los resultados del tratamiento de las fracturas trimaleolares no son generalmente tan buenos como los obtenidos para las fracturas bimaleolares (Jiménez, 2007). Requieren la reducción abierta más a menudo que cualquier otro tipo de fractura del tobillo. Las indicaciones para la reducción abierta del maléolo posterior o del fragmento tibial posterior dependen principalmente de su tamaño y dislocación. Si el fragmento del maléolo posterior implica más del 25% al 30% de la superficie de la articulación, la reducción anatómica debe ser hecha y debe ser mantenido con fijación interna. Si el fragmento es menor del 25% de la superficie articular, generalmente no existe ninguna consecuencia, si la parte anterior de la superficie articular tibial es bastante grande como para proporcionar una superficie estable a la articulación con la cual el astrágalo puede sostener una relación apropiada.

A menudo, la reducción satisfactoria del fragmento tibial posterior ocurre con la fijación anatómica y rígida del peroné, puesto que este fragmento es posterolateral y está unido al peroné por el ligamento tibiofibular posterior (Haraguchi et al., 2006).

Si el fragmento tibial posterior es pequeño, incluso un desplazamiento proximal no posee ninguna consecuencia. Haraguchi et al. (2006), en fracturas del fragmento maleolar posterior que constituyen el 25% o más de la articulación, no encontraron ninguna diferencia clínica entre los que fueron reducidas y fijadas y los que no eran fijos. Observaron que la reducción del fragmento maleolar posterior era generalmente satisfactoria cuando la fractura maleolar lateral fue reducida y fijada.

### **Fisiopatología y patomecánica de las fracturas de tobillo en el niño. Epifisiolisis traumática del tobillo**

Las fracturas de tobillo en el niño son raras. Mecanismos productores que en el adulto conducirían a la fractura maleolar, ocasionan en el niño, como consecuencia más frecuente, desprendimientos epifisarios de la tibia distal (Ballester y Borrell, 1999).

Las lesiones que se producen son:

- a) Fracturas maleolares. Especialmente graves son las del maléolo tibial, debido a la lesión que presenta el cartílago de conjunción.
- b) Epifisiolisis distal del peroné o de la tibia.

Radiológicamente, el núcleo de osificación distal de la tibia aparece entre el 2º y 3º año de vida y se fusiona a ella alrededor de los 15 a 17 años. El núcleo del peroné aparece al 2º año y se fusiona a los 20 años.

Debe considerarse que los movimientos de la articulación tibio-peroneo-astragalina, así como las fuertes estructuras ligamentarias, hacen muy vulnerables a las fisis de la tibia y el peroné. Por consiguiente, son los elementos óseos más susceptibles de sufrir lesiones.

Toda epifisiolisis traumática acaece en la zona de células hipertróficas de la fisis, quedando el estrato germinativo de la misma indemne y solidarizado con la epífisis, y dependiendo del desplazamiento epifisario (epifisiolisis) del mecanismo traumático causal.

Las alteraciones ulteriores producidas por la lesión tisaria, que se manifiestan en el curso del crecimiento posterior del hueso (acortamientos, deformidades axiales en varo o en valgo, etc.), dependen de la edad en la que se ha producido el traumatismo (cuanto más joven peor pronóstico), así como del tipo de lesión de la fisis y el desplazamiento ocasionado (Ruiz Caballero, 1996).

La clasificación general de las epifisiolisis de Salter y Harris (1963) resulta también de gran utilidad pronóstica en las lesiones traumáticas epifisarias del tobillo, si bien cada tipo de lesión tiene sus propias características en cuanto a su frecuencia en relación con la edad y las ulteriores consecuencias deformantes en el tobillo. Esta clasificación establece cinco tipos:

- a) Tipo I: Epifisiolisis con epifisiolisis pura. Solamente se produce desplazamiento epifisario. En el tobillo es muy raro encontrarlo, aunque se han descrito casos por estrés rotacional.
- b) Tipo II: Epifisiolisis parcial de la porción medial de la fisis que se continua con un trazo fracturario en la metáfisis, delimitando un fragmento triangular de la misma que queda solidarizado a la fisis. En la mayoría de los casos hay, además, una fractura de peroné. Se puede producir por

dos mecanismos: abducción o rotación externa.

- e) Tipo III: Consiste fundamentalmente en una fractura longitudinal y vertical de la epífisis a cierta distancia de la sindesmosis (diástasis interósea), con una epifisiolisis del fragmento epifisario lateral delimitado, o del fragmento medial con el maléolo tibial. No hay fractura metatarsaria, pero la lesión es articular, epifisaria y transfisaria. Puede producirse por dos mecanismos: adducción o rotación externa.
- d) Tipo IV: Se trata de una fractura longitudinal epifisaria, transfisaria y metafisaria hasta alcanzar la cortical medial. El trazo fracturario, al consolidarse, forma un puente óseo epifisiometatarsario, con consecuencias deformantes en el curso del crecimiento. Se produce por un mecanismo de adducción o inversión del pie.
- e) Tipo V: La fisis sufre en toda su extensión los efectos de un aplas-

tamiento desintegrador por la epífisis, que se impacta por un mecanismo de compresión rodal en la metáfisis. Dado que habitualmente la lesión es más constante o acentuada en la vertiente medial de la fisis tibial hay, además de la detención del crecimiento distal de la tibia, una deformidad en varo del tobillo.

En cuanto al tratamiento, la mejor forma de minimizar, en la medida de lo posible, las consecuencias deformantes de la epifisiolisis, es proceder a la reducción precisa y precoz del desplazamiento epifisario con el menor traumatismo posible (Ruiz-Caballero, 1996). Se intentará la reducción incruenta bajo anestesia general y, en caso de fracasar ésta, efectuaremos una reducción cruenta y osteosíntesis con agujas de Kirschner, puesto que éstas no alteran en absoluto el estrato germinativo fisario (Ballester y Borrell, 1999).

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Maestro A, Rendueles G, Deslbrouck I, Rodríguez L, Murcia A.** La fractura de tobillo en el adulto. Resultados clínico-radiológicos. *Rev Esp cir Osteoart* 1995; 30 (179): 256-261.
2. **Procter P, Paul J.** Ankle joint biomechanics. *J Biomech* 1982; 15: 627-34.
3. **Garricck JG, Requa R.** The epidemiology of foot and ankle injuries in sports. *Clin Sports Med* 1988; 7 (1): 29-36.
4. **Ballester J, Borrell J.** Fracturas maleolares. Esguinces y luxaciones. En: Balibrea Cantero JL (coord.). *traumatología y cirugía ortopédica*. Madrid: Marbán; 1999. p. 3593-3612.
5. **Llanos Alcázar LF.** Biomorfología. En: Núñez-Samper M, Llanos Alcázar LF (coords.). *Biomecánica, medicina y cirugía del pie*. Barcelona: Masson; 1997. p. 48-58.
6. **Degan T, Morrey B, Braun D.** Surgical escisión for anterior process fracture of the calcaneus. *J Bone and Joint Surg* 1982; 64 (A): 519.