

Rotación del astrágalo en el plano horizontal y función del ligamento lateral interno del tobillo como limitante de la misma

M. QUILES y F. REQUENA

El tobillo es primariamente una articulación de flexo-extensión, pero su configuración sugiere que debe permitir algún grado de rotación alrededor del eje vertical.

La estabilidad pasiva del tobillo depende, por un lado de la integridad de los ligamentos colaterales. Dentro de las superficies articulares se encuentra la pinza bimalleolar que sujeta a la tróclea astragalina, siendo ésta más ancha por delante que por detrás.

Aunque parece evidente que el ligamento lateral interno forma un tope contra la rotación, no existen en la literatura estudios de la acción de cada uno de sus componentes. En el presente trabajo se ha intentado estudiar la rotación del astrágalo en el plano horizontal en el tobillo normal, comparándola con la obtenida tras la sección progresiva de los ligamentos que forman el ligamento lateral interno.

Material y método

La experimentación que aquí se describe, fue llevada a cabo en 19 tobillos procedentes de amputaciones. En algunos tobillos se observaron signos degenerativos poco importantes y ninguno de ellos era inestable. No se apreciaron fracturas intra o extra articulares antiguas o recientes. No existían cicatrices alrededor del tobillo que hicieran pensar en cirugía previa.

Los especímenes consistían en unos 15 centímetros de la porción distal de la tibia, con el peroné seccionado 3 centímetros por debajo de la altura de la tibia, conservando

íntegra la sindesmosis tibio-peronea, y distalmente incluía cuboides y navicular. La piel, tejido celular subcutáneo, músculos, tendones y paquetes vásculo-nerviosos fueron extirpados, dejando sólo las estructuras osteo-cápsulo-ligamentosas.

Se diseñó un aparato para la sujeción tibial que permitía una libertad completa al pie mientras la tibia permanecía fija a la mesa del laboratorio.

Para la obtención de las posiciones deseadas de flexión, extensión, rotación interna y externa, se introdujeron tornillos de cabeza en gota de sebo, en cara externa y tubérculo del navicular, y en la cara inferior del calcáneo, en la unión de ésta con la tuberosidad inferior. A estos tornillos se ataron hilos de nylon, de tal forma que el colocado en la cara inferior del calcáneo al tirar hacia adelante producía la extensión, y al tirar hacia atrás la flexión. El tornillo colocado en la cara externa del navicular, al que también se ató un hilo de nylon, producía al tirar de él la rotación externa, mientras que por el mismo mecanismo se obtenía la rotación interna al tirar del tornillo introducido en el tubérculo del navicular. La acción de tirar a partir de los hilos de nylon se realizó por medio de una polea colgada de un poste de laboratorio a la misma altura que el tobillo.

Se insertó una aguja de Kirschner en la cara posterior del astrágalo, a través del labio interno del canal del tendón flexor propio del dedo grueso, que sirvió como referencia de la movilidad del astrágalo en el plano horizontal.

Se colocó una cámara fotográfica por de-

bajo del tobillo a 80 centímetros, para recoger documentos fotográficos de las posiciones estudiadas, es decir, rotación interna y externa en flexión máxima, flexión media (20°), reposo, y extensión dorsal máxima.

La aguja de Kirschner una vez proyectada sobre papel corriente, quedaba representada por una línea, que con la obtenida en rotación opuesta formaba un ángulo. Este ángulo, se asumió era el formado por la rotación del astrágalo en esa posición.

Las películas fotográficas usadas fueron Valca de DIN 22°, ASA 125 en blanco y negro. Las fotografías fueron tomadas con flash y reveladas con revelador D-11 de Kodak. Se trabajó con los negativos, proyectados sobre papel por medio de un proyector especial, y se usó siempre la lente 1:2.8/50 mm.

La secuencia de los cortes ligamentosos se aprecia en la tabla I.

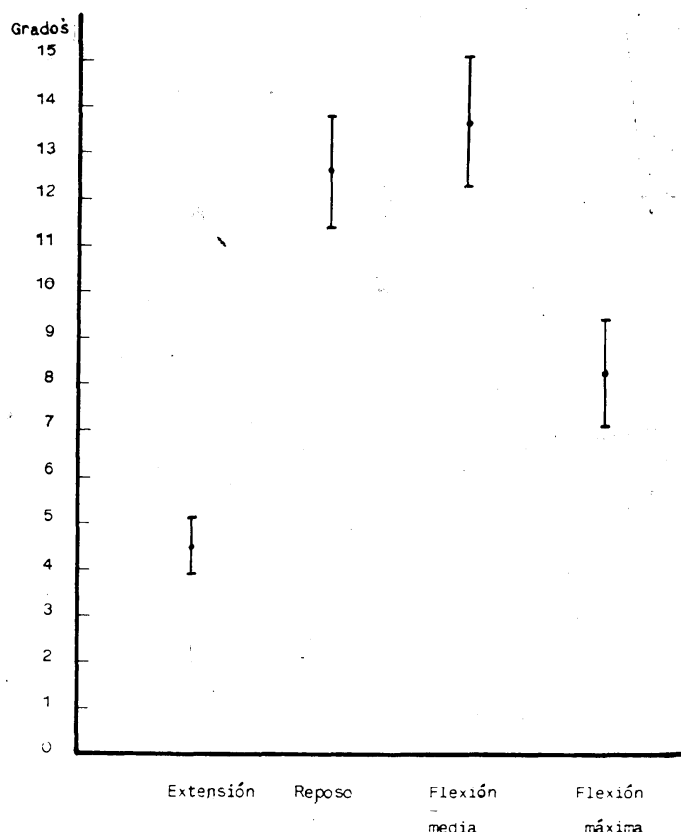
Los datos obtenidos fueron computarizados, aplicándose para su estudio estadístico descriptivo la media aritmética, la desviación standard y el error standard de la media. La significación estadística se calculó, usando el test de la t-Student para muestras apareadas, o el test de Wilcoxon para muestras apareadas, dependiendo del tamaño de las muestras. Respecto a las posibilidades de significación obtenidas se ha adoptado el siguiente criterio: $p > 0.05$, no significativo; $p \approx 0.05$, en el límite de la significación; $p < 0.05$, significativo; $p < 0.01$, muy significativo; $p < 0.001$, altamente signi-

Tabla I

Tipos de secuencia en los cortes ligamentosos

	Núm. de tobillos
A. TAP + TC + TGN + TAA	6
B. TGN + TC + TAA + TAP	4
C. TGN + TC + TAP + TAA	4
D. TAP + TGN + TAA + TC	5
Total	19

Tabla I.- TAP, es el ligamento tibioastragalino posterior. TC, es el ligamento tibiocalcáneo. TGN, es el ligamento tibioglenonaviclar. TAA, es el ligamento tibioastragalino anterior.



Gráfica 1.- Rotación del astrágalo en el plano horizontal en tobillos normales. Se representan medias \pm errores standard de la media.

ficativo. Posteriormente, se calcularon los intervalos de confianza correspondientes, que se obtuvieron con un 95 por 100 de confianza.

Resultados

Tobillos normales:

La rotación del astrágalo en el plano horizontal fue máxima en flexión media, $13.7^\circ \pm 1.4^\circ$ (media aritmética \pm error standard de la media) y mínima en extensión $4.5^\circ \pm 0.6^\circ$ (ver gráfica 1 y tabla II).

Secciones ligamentosas:

Tras la sección aislada del ligamento tibioglenonaviclar, no se obtuvo aumento significativo de la rotación. En la sección del ligamento tibioastragalino posterior se obtuvo un aumento significativo en extensión y en reposo.

En la sección conjunta de los ligamentos tibioastragalino posterior y tibioglenonavi-

cular, se consiguió un aumento de la rotación astragalina en extensión, reposo y flexión media que se encontraban en el límite de la significación estadística. Cuando se seccionaron los ligamentos tibioastragalino posterior y tibiocalcáneo, solamente en extensión se produjo un aumento significativo de la rotación. Tras la sección de los ligamentos tibioglenonaviclar y tibiocalcáneo, el aumento significativo de la rotación se produjo en la flexión media.

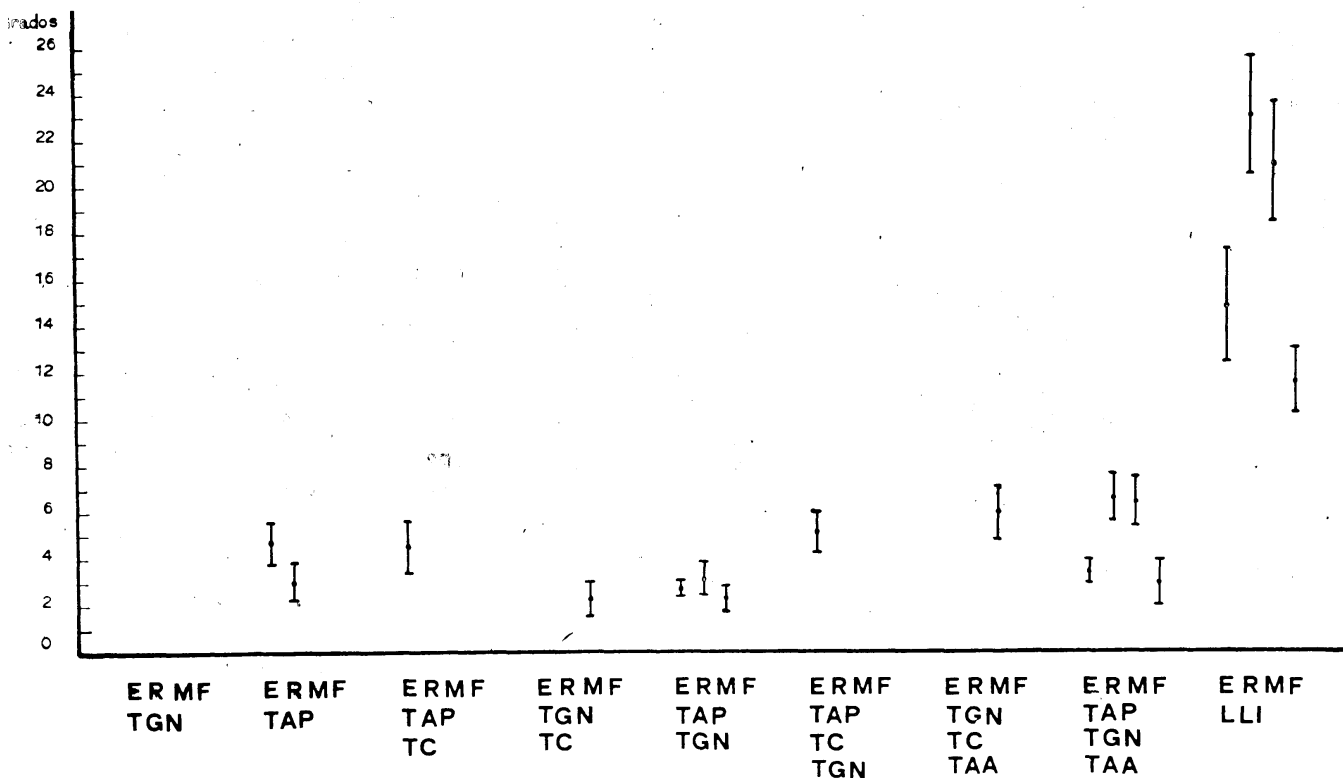
Cuando sólo quedó indemne el ligamento tibioastragalino anterior, se obtuvo un incremento significativo de la rotación en la extensión, y quedó en el límite de la significación estadística en la posición de reposo. Cuando sólo quedó por seccionar el ligamento tibioastragalino posterior, se obtuvo un aumento significativo de la rotación en la flexión media. Tras la sección de todos los ligamentos, excepto el tibiocalcáneo, se obtuvo un incremento de las rotaciones que

estaban en el límite de la significación estadística.

Tras la sección completa del ligamento lateral interno el incremento de las rotaciones fue altamente significativo en las cuatro posiciones estudiadas (ver gráfica 2 y tabla II).

Discusión

INMAN señala que el movimiento en el tobillo ocurre en un eje único, que está orientado oblicuamente al eje longitudinal de la tibia y que en el plano antero-posterior está entre los picos de los maléolos. Cuando se proyecta en un plano transversal, el eje se dirige lateral y posteriormente. El astrágalo gira lateralmente en la flexión dorsal y medialmente en la flexión plantar. Este movimiento es facilitado por la forma de la superficie articular superior del astrágalo, que es en la vista lateral



Gráfica 2.— Incremento de las rotaciones del astrágalo en el plano horizontal según las secciones ligamentosas. E = Extensión. R = Reposo. M = Flexión media. F = Flexión máxima. TAP = Ligamento tibioastragalino posterior. TGN = Ligamento tibioglenonaviclar. TC = Ligamento tibiocalcáneo. TAA = Ligamento tibioastragalino anterior. LLI = Ligamento lateral interno. Se representan las medias \pm errores standard de la media. Sólo se han representado los incrementos con significación estadística.

Tabla II

Rotación del astrágalo, en grados, en el plano horizontal e incremento de ésta una vez practicadas secciones ligamentosas

	-E	R	M	F
Tobillos normales				
X	4'5	12'6	13'7	8'3
S	2'9	5'5	6'4	4'8
ESM	0'6	1'2	1'4	1'1
Secciones ligamentosas aisladas TAP				
X	4'8	3	0'3	0'1
S	2'7	3'1	0'3	0'1
ESM	0'8	0'9	0'5	0'5
P	<0'001	<0'01	>0'05	>0'05
TGN				
X	-0'1	-1'6	2'1	2'1
S	1'4	3'6	3'2	2'9
ESM	0'4	2'8	1'1	1'0
P	>0'05	>0'05	>0'05	>0'05
De dos ligamentos TAP + TC				
X	4'6	2'3	-0'5	0'1
S	2'7	4'4	2'8	0'9
ESM	1'1	1'7	1'1	0'3
P	<0'05	>0'05	>0'05	>0'3
TAP + TGN				
X	2'8	3'2	2'4	2'2
S	0'8	1'6	1'1	2'1
ESM	0'3	0'7	0'4	0'9
P	≈0'05	≈0'05	≈0'05	>0'05
TGN + TC				
X	1	1'2	2'3	0'5
S	1'6	3'5	2'3	1'4
ESM	0'5	1'2	0'8	0'4
P	>0'05	>0'05	<0'05	<0'05
De tres ligamentos TGN + TC + TAP				
X	5'2	3'4	2'1	-0'4
S	2'8	5'3	4'4	3'2
ESM	0'88	1'67	1'39	1'0
P	<0'05	≈0'05	>0'05	>0'05
TGN + TC + TAA				
X	0'5	4	6	4'7
S	1	3'3	2'3	3'7
ESM	0'5	1'6	1'1	1'8
P	>0'05	>0'05	<0'05	>0'05

TAP + TGN + TAA	E	R	M	F
X	3'6	6'8	6'6	3
S	0'8	2'2	2'1	2'3
ESM	0'3	0'9	0'9	1
P	≤0'05	≤0'05	≤0'05	≤0'05
Sección del ligamento lateral interno				
X	15	23'3	21'1	11'8
S	11'3	12'2	12'1	6'5
ESM	2'5	2'7	2'7	1'4
P	< 0'0001	< 0'0001	< 0'0001	< 0'0001
	9'5	17'5	15'2	8'7
IC	20'4	29'2	26'9	14'9

Tabla II.—x, es la media aritmética. S, es la desviación standard. ESM, es el error standard de la media. p, es la significación estadística. IC, es el intervalo de confianza del incremento medio. Las siglas TAP, TC, TGN y TAA coinciden con las de la tabla I.

un tronco de cono con su base en la parte lateral.

CLOSE e INMAN señalaron que durante la marcha existían cinco o seis grados de rotación del astrágalo.

MC CULLOUGH y BURGE, midieron la rotación del tobillo simulando la carga normal, usando un método en el que colocaban la tibia fija a la mesa del laboratorio y pasaban a través del calcáneo un vástago metálico a rosca en el plano sagital, y colocaban una cadena desde éste a la mesa del laboratorio imitando al tendón de Aquiles. Se podía aplicar una carga vertical a través del tobillo por medio de pesos sobre la parte anterior del vástago metálico. Luego aplicaban una rotación de 3 Newton/metro en un eje vertical, aplicada en dirección horizontal. La rotación fue medida por medio del ángulo formado por dos agujas de Kirschner, una insertada en astrágalo y otra en tibia. Estudiaron ocho tobillos con carga progresiva desde 1 a 50 kilogramos y obtuvieron una rotación de $24'1^{\circ} \pm 1'4$ (media aritmética \pm error standard de la media) cuando la carga era de un kilogramo, y una disminución lineal según aumenta la carga, con una reducción media de $7'5^{\circ} \pm 1'5^{\circ}$ al pasar a los 50 kilogramos, señalando ade-

más que la rotación del astrágalo no variaba de forma significativa en la flexión o en la extensión.

SHOJI, D'AMBROSIA y PARLASKA, usaron un aparato para sujetar el tobillo sin describirlo, e incorporaron un goniómetro, y tomaron radiografías en cuatro posiciones. Insertaron clavos de Steinmann en la tibia, astrágalo y calcáneo, que sirvieron como marcas para calcular la rotación, usando el calcáneo como punto fijo. Estudiaron diez tobillos y obtuvieron una rotación de $1'5^{\circ} \pm 2'5^{\circ}$ (media aritmética \pm desviación standard) en máxima flexión plantar, $0'5^{\circ} \pm 2^{\circ}$ en flexión media, $0^{\circ} \pm 2^{\circ}$ en extensión media y $0^{\circ} \pm 2'5^{\circ}$ en extensión máxima. No aplicaron presión o carga.

HSHIEH y WALKER en un estudio de la rotación realizado en la rodilla, señalaron que en caso de aplicar compresión, la laxitud suele disminuir un 30 por 100 por la fricción entre las superficies articulares.

En los tobillos estudiados en el presente trabajo, no se aplicó compresión y los resultados en los tobillos normales, varió según la posición del tobillo. Los resultados no coincidieron con los obtenidos por los autores señalados encontrándose éstos en una posición intermedia. Hay que señalar que

en estos tobillos el peroné no se encontraba sujeto por el aparato que sostenía el tobillo, y por tanto podía girar afuera y adentro, según se forzara la rotación externa o interna del astrágalo.

La rotación del astrágalo en el plano horizontal, ocurre debido en parte al movimiento del peroné con respecto a la tibia, y en parte al juego que permiten los ligamentos peroneo-tibiales, peroneo-astragalino y lateral interno. El componente horizontal de tensión en los ligamentos colaterales forman un anillo que resiste la rotación por la tensión en pares opuestos. De hecho los maléolos sirven como pilares para la inserción de los ligamentos, pues colocan el origen de los ligamentos laterales cerca del eje de movimiento del tobillo. Una posición que los ligamentos deben ocupar si han de permitir la flexo-extensión.

En el presente trabajo resultó evidente que la sección aislada o combinada del ligamento tibioastragalino posterior, era capaz de producir un aumento significativo de la rotación del astrágalo en el plano horizontal en algunas de las posiciones estudiadas.

Cuando se secciona el ligamento lateral

interno, el astrágalo cae y la coma articular de la cara interna del astrágalo no toma contacto con el maléolo interno, y es la tensión de la cápsula anterior y posterior la que limitará la rotación, produciéndose un aumento muy significativo de la rotación en todas las posiciones.

BIBLIOGRAFIA

- CLOSE J. R. (1956): Some applications of the functional anatomy of the ankle joint. *J. Bone and Joint Surg.*, 38-A, 761-781.
- HSIEH, H. y WALKER, P. S. (1976): Stabilizing mechanisms of the loaded and unloaded knee joint. *J. Bone and Joint Surg.*, 58-A, 87-93.
- INMAN, V. Y. (1976): *The joints of the ankle*. Williams & Wilkins, Baltimore.
- MC CULLOUGH, C. J., y BURGE, P. D. (1980): Rotatory stability of the load-bearing ankle. An experimental study. *J. Bone and Joint Surg.*, 62-B, 460-464.
- SHOJI, H.; D'AMBROSIA, R. D.; y PARLASCA, R. (1976): Effects of ligamentous injuries on ankle and subtalar joints: A kinematic study. *Surgical Forum*, 509-510.
- SHOJI, H.; D'AMBROSIA, R. D.; y PARLASCA, R. (1977): Biomechanics of the ankle. II Horizontal rotation and ligamentous injuries states. *Amer. J. Sports Med.*, 5, 235-237.