

# ANÁLISIS CINEMÁTICO Y CINÉTICO DEL TOBILLO EN EL PLANO SAGITAL.

ANÁLISIS CINEMÁTICO Y CINÉTICO DEL TOBILLO EN EL PLANO SAGITAL

Roberto Jiménez Leal<sup>1</sup>, Elvira Claramunt i Former<sup>2</sup>.

1. Profesor de Ortopodología I Universidad Alfonso X El Sabio. Jefe de Servicio de Técnicas Ortopédicas Orthopie-Cpsalud. Madrid.
2. Diplomada universitaria en Podología. Directora de la clínica podológica Claramunt i Former. Puçol.

CORRESPONDENCIA

Roberto Jiménez Leal  
Clínica del Pie Gómez Maya  
Puerto de Porzuna, 7  
Madrid 28031.  
orthopie@gmail.com

## RESUMEN

Este artículo revisa la literatura existente acerca del movimiento del tobillo en el plano sagital. La articulación del tobillo o tibiotarsiana tiene un movimiento principal que es la flexo-extensión y éste se realiza en el plano susceptible de estudio, el plano sagital. Nuestro objetivo con este trabajo es tratar de aclarar la movilidad del tobillo durante la marcha y la influencia en este movimiento de las fuerzas internas y externas que afectan al mismo.

## PALABRAS CLAVE

Tobillo, Cinética, Cinemática.

## ABSTRACT

This article reviews the literature on the movement of the ankle in the sagittal plane. The upper ankle joint has a primary movement which is the flexion-extension and it is performed as the subject of study, the sagittal plane. Our aim with this study is to clarify the ankle motion during the movement and the influence of internal and external forces that affects it.

## KEY WORDS

Ankle, Kinetic, Kinematic.

## INTRODUCCIÓN

El principal movimiento que se desarrolla en la articulación del tobillo es la flexoextensión el cual tiene lugar sobre el plano sagital<sup>3</sup>.

Para valorar la flexión dorsal del tobillo partimos de la posición neutra, la cual logramos cuando el plano de la planta del pie se encuentra perpendicular al eje de la pierna. A partir de esta posición, la flexión del tobillo se define como el movimiento que aproxima el dorso del pie a la cara anterior de la pierna, también llamada flexión dorsal o dorsiflexión. El rango de movimiento articular de flexión dorsal es de entre 20° y 30° con una amplitud mínima necesaria para la marcha de 10°<sup>4,6</sup>.

## MOVIMIENTO EN EL PLANO SAGITAL ENTRE EL CONTACTO DE TALÓN Y EL APOYO MEDIO

### 1. ANÁLISIS CINEMÁTICO

En el momento del contacto del talón la articulación del tobillo presenta posición neutra, es decir está en 90° o lo que es lo mismo con 0o de flexión plantar y dorsal<sup>11</sup>. (Figura 1)

Simultáneamente con el comienzo del periodo de contacto de talón la articulación del tobillo comienza a moverse en dirección a la flexión plantar<sup>2</sup>.

En el momento en que la planta del pie entra en contacto con el suelo la articulación del tobillo se encuentra en 5° de flexión plantar<sup>7</sup>.



Figura 1. Movimiento del tobillo entre el contacto de talón y el apoyo medio.

Cuando la planta del pie contacta con el suelo la pierna comienza a adelantarse o desplazarse ventralmente, o lo que es lo mismo el tobillo comienza a dorsiflexionarse desde esa posición de 5° de flexión plantar descrita anteriormente<sup>11</sup>.

En el periodo de apoyo medio la articulación del tobillo pasa por posición neutra y llega a tener 10o de dorsiflexión inmediatamente antes de iniciar el periodo propulsivo o de despegue<sup>12</sup>.

### 2. ANÁLISIS CINÉTICO



Figura 2. Momentos de fuerza durante el contacto de talón y el apoyo medio.

#### a) Fuerzas externas:

En el principio del periodo de contacto de talón la resultante de las fuerzas de reacción del suelo está por delante de la articulación del tobillo. De acuerdo con ello, un momento de fuerza de pequeña magnitud tiende a mover la articulación del tobillo en dirección a la dorsiflexión<sup>5</sup>. (Figura 2)

Inmediatamente después del contacto de talón a medida que se transmite un mayor peso del cuerpo a la extremidad, el rápido aumento de la fuerza vertical hace que la resultante pase por detrás de la articulación generando un momento de fuerza en dirección a la flexión plantar<sup>12</sup>.

a la fuerza generada al adelantar ventralmente la tibia sobre el pie fijo<sup>2</sup>.

### b) Fuerzas internas: Control muscular

En el instante del contacto de talón los tres dorsiflexores primarios del tobillo están activos: el extensor largo de los dedos, el extensor largo del hallux, y el tibial anterior<sup>8</sup>.

Seguidamente al contacto de talón el grupo pretibial produce una contracción excéntrica para suministrar suficiente fuerza con el fin de evitar que el antepié golpee contra el suelo en el momento en el que las fuerzas externas como son la gravedad y la inercia llevan el tobillo a flexión plantar<sup>1</sup>.

Después de que el antepié contacte con el suelo, la tibia empieza a desplazarse ventralmente con el pie fijo, los dorsiflexores están esencialmente inactivos (Figura 3) y los músculos de la región posterior de la pierna (gastrocnemio, soleo, tibial posterior, flexor largo de los dedos, flexor largo del primer dedo, peroneo lateral corto y peroneo lateral largo) demuestran un aumento gradual de su actividad<sup>8</sup>. (Figura 4)



Figura 5. Movimiento del tobillo entre el apoyo medio y el despegue.

## 2. ANÁLISIS CINÉTICO



Figura 6. Desplazamiento de la pierna en el despegue.

### a) Fuerzas externas

Después del apoyo medio la pierna continúa desplazándose ventralmente sobre el pie fijo. (Figura 6) De esta manera el momento de fuerza, actuando en una dirección de dorsiflexión, aumenta considerablemente debido al desplazamiento anterior del punto de apoyo entre el pie y el suelo conforme el talón se eleva. Ello aumenta la distancia perpendicular entre la articulación del tobillo y la fuerza resultante de reacción del suelo<sup>12</sup>.

En el momento del despegue del talón, se alcanza el máximo momento de dorsiflexión<sup>10</sup>.

Es en el despegue de los dedos del suelo cuando el momento de dorsiflexión cae bruscamente a cero<sup>2</sup>.

### b) Fuerzas internas: Control muscular

El momento de fuerza mecánica que se genera tratando de dorsiflexionar el tobillo encuentra resistencia desde el apoyo medio en adelante por una contracción excéntrica de los músculos posteriores de la pierna: soleo, gastrocnemio, tibial posterior, peroneo lateral largo, peroneo lateral corto, flexor largo del primer dedo y flexor largo común de los dedos. Casi al mismo tiempo que se desarrolla la máxima dorsiflexión los flexores plantares del tobillo presentan su máxima actividad<sup>8</sup>.

Esta máxima actividad muscular, salvando el momento de dorsiflexión, constituye el despegue del pie. Esto es una respuesta secuencial de los flexores plantares durante el despegue del suelo. Los músculos plantarflexores del tobillo muestran un aumento de la actividad eléctrica antes que los músculos dorsiflexores.

Cuando finaliza el periodo propulsivo los flexores plantares se inactivan<sup>12</sup>.

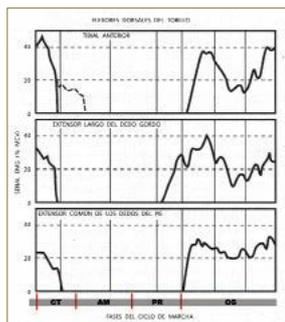


Figura 3. Actividad muscular pretibial durante la marcha.

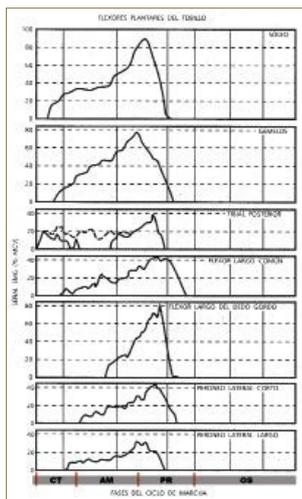


Figura 4. Actividad muscular de los flexores plantares durante la marcha.

Para la mayor parte de ellos su actividad continúa aumentando por encima del punto de apoyo medio y sirve para controlar la velocidad con que la tibia se desplaza ventralmente<sup>12</sup>.

## MOVIMIENTO EN EL PLANO SAGITAL ENTRE APOYO MEDIO Y LA PROPULSIÓN

### 1. ANÁLISIS CINEMÁTICO

En el apoyo medio la dorsiflexión del tobillo aumenta rápidamente hasta unos 10° de flexión dorsal cuando el talón despega del suelo pasando al periodo propulsivo<sup>2</sup>.

En el intervalo entre la elevación del talón y el despegue

## CONCLUSIONES

Cada vez somos más conscientes de la importancia de un correcto y profundo estudio articular del individuo. Con el presente artículo pretendemos analizar un movimiento tan sencillo y a la vez complejo como la flexión dorsal y plantar del tobillo en el plano sagital, para tratar de entender las fuerzas que ayudan a ejecutarlo y la importancia de dicho movimiento en la dinámica del paciente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CALVO-GUISADO MJ.; DÍAZ-BORRERO P, GONZÁLEZ-GARCÍA-DE-VELASCO J, FERNÁNDEZ-TORRICO JM, CONEJERO-CASARES JA. Tres técnicas de medición de la flexión dorsal del tobillo: fiabilidad Inter e intraobservador. *Rehabilitación* 2007; 41(5):200-6.
2. JIMÉNEZ-LEAL R. Estudio articular del miembro inferior durante el ciclo de la marcha. *El Pie* 2004;24(4):211-6.
3. KAPANDJI A. Fisiología articular: Miembro inferior. 5ª Ed. Madrid: Panamericana; 1998.
4. KEJONEN P, KAURANEN K, AHASAN R, VANHARANTA H. Motion analysis measurements of body movements during standing: association with age and sex. *International Journal of Rehabilitation Research*. December 2002;25(4):297-304.
5. MARKS R, HARRIS G, SMITH P. Foot and Ankle Motion Analysis Clinical Treatment and Technology. Boca Raton: CRC Press; 2008.
6. MARTIN R, McPOIL T. Reliability of Ankle Goniometric Measurements. A Literature Review. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005;95(6):564-72.
7. PERRY Jacquelin, BURNFIELD J. Gait Analysis. Normal and Pathological Function. 2ª Ed. Pomona: Slack Incorporated; 2010.
8. RANAWAT C, POSITANO RG. Disorders of the heel, rearfoot, and ankle. New York: Churchill Livingstone; 1999.
9. ROME K. Ankle Joint Dorsiflexion Measurement Studies. A Review of the Literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 1996 May; 86(5):205-11.
10. SCHARFBILLIG R, SCUTTER S. Measurement of Foot Dorsiflexion. A Modified Lidcombe Template. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004;94(6):573-7.
11. VAN DER LINDEN ML, KERR A, HAZLEWOOD ME, HILLMAN S, ROBB J. Kinematic and Kinetic Gait Characteristics of Normal Children Walking at a Range of Clinically Relevant Speeds. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2002 November / December;22(6):800-6.
12. VIEL E, ESNAULT M. La marcha humana, la carrera y el salto. Biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones. Barcelona: Masson; 2002.