

# Estudio articular del miembro inferior durante el ciclo de la marcha

**Roberto Jiménez Leal**

Experto en Biomecánica, Ortopedia y Cirugía del pie. Técnico Ortopédico. Madrid

Correspondencia:

Puerto de Malaga 20, portal 3. 3ºC.  
28820 Coslada. Madrid

## Resumen

Denominamos ciclo completo de la marcha al tiempo que transcurre entre dos contactos laterales del mismo talón. El ciclo de la marcha se divide en dos fases, la de apoyo y la de balanceo, las cuales duran respectivamente el 60% y el 40% del ciclo de la marcha (Figura 1). Con un ritmo medio el ciclo completo de marcha de una persona se realiza aproximadamente en 1 segundo.

**Palabras clave:** Ciclo de la marcha. Articulación subastragalina. Pronación. Supinación.

## Fase de apoyo

La fase de apoyo se subdivide a su vez en apoyo de talón o contacto, apoyo medio o completo y despegue digital o propulsión (Figura 2).

## Summary

One full gait cycle consists of the period of time between successive ipsilateral heel-strikes. The gait cycle is divided into stance and swing phases, which typically occupy 60% and 40% of the gait cycle, respectively. When a person is walking, the gait cycle lasts approximately 1 second.

**Key words:** Gait cycle. Subtalar joint. Pronation. Supination.

## Apoyo de talón o contacto

La fase de apoyo de talón consume aproximadamente un 27% del total de la fase de apoyo y un 18% de un ciclo completo (0,18 segundos) (Figura 3).

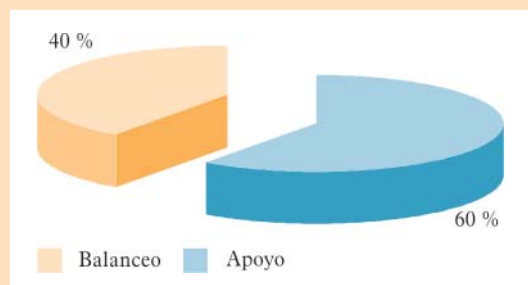


Figura 1.

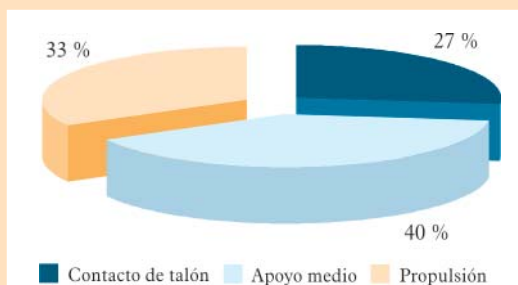


Figura 2.



Figura 3.

Tabla 1.

Articulación	Posición inicial	Movimiento
Cadera	Flexión de 30°	Extensión
Rodilla	Extensión completa	Flexión
Tobillo	Ligera dorsiflexión	Plantarflexión
A.S.A.	Ligera inversión	Eversión
A.M.T.	LMJA Invertida OMJA Neutra	OMJA Eversión LMJA Inversión
1er Radio:	Posición neutra	Eversión

Los objetivos de esta fase son: La **amortiguación** del impacto y la **adaptación al terreno**, todo ello

básicamente mediante un mecanismo: **la pronación subastragalina**.

La Tabla 1 muestra el estado de diferentes articulaciones del miembro inferior durante el comienzo de esta fase de apoyo.

Como ya hemos apuntado anteriormente el movimiento más importante que se produce durante todo el periodo de contacto es la **Pronación Subastragalina**. La pronación subtalar desbloquea el pie y permite la adaptación del mismo a la superficie de apoyo. Clínicamente es sencillo el observar cómo la cabeza del astrágalo protruye a nivel medial del pie, llevando a la mortaja tibio-peronea-astragalina a una rotación interna.

El fenómeno de la amortiguación de la marcha aumenta mediante la flexión de la rodilla y el descenso del tobillo causado a su vez por la pronación subastragalina. La flexión de la rodilla se lleva a cabo mediante la rotación interna de la misma a la que es dirigida por la adducción del astrágalo en la eversión subtalar, haciendo de la rodilla una articulación amortiguadora con control cuadricepsital.

La articulación mediotarsiana se mantiene supinada en el eje longitudinal por acción del músculo tibial anterior, y evertida sobre el eje oblicuo por acción de los músculos extensor común de los dedos y pedio.

### Apoyo medio

La fase de apoyo medio ocupa un 40% de la fase de apoyo y un 24% del ciclo completo, es decir, 0,24



Figura 4.



Figura 5.

segundos aproximadamente. Comienza con el apoyo del antepié y finaliza con el despegue del talón. Durante el apoyo medio el pie se prepara con un movimiento de supinación de la articulación subastragalina y el consiguiente movimiento de rotación externa del miembro inferior, para actuar como una **palanca rígida** durante la propulsión.

La articulación mediotarsiana se evierte hasta alcanzar su posición neutra durante esta fase de apoyo medio (Figuras 4 y 5). Durante este proceso de supinación subtalar y eversión mediotarsal se produce el bloqueo óseo calcáneo-cuboideo (Figura 6). El bloqueo mediotarsal disminuye el trabajo a realizar, con lo cual se reduce la fatiga del paciente. Si no se produce el bloqueo calcáneo-cuboideo el pie será una palanca flexible incapaz de permitir un correcto despegue digital.

Desde el punto de vista clínico para lograr conseguir dicho bloqueo óseo necesitamos situar al paciente en posición de decúbito prono con la articulación subastragalina en posición neutra y realizar una fuerza dorsiflexora a nivel de los dedos 4º y 5º (Figura 7), sin producir flexión dorsal de dichas articulaciones metatarsofalángicas para así evitar

la plantarflexión metatarsal por dicha flexión dorsal (Figura 8), o también es válida la exploración mediante la ejecución de una fuerza dorsiflexora a nivel de la base de 4º y 5º metatarsianos (Figura 9). Con esta posición bloqueada conseguimos varios efectos:

- Estabilizar el antepié sobre el retropié.
- Alinear funcionalmente el tendón de Aquiles y el calcáneo.
- Proteger de una posible inestabilidad de tobillo, disminuyendo la dependencia de la musculatura peronea.

Para el correcto funcionamiento del pie durante la marcha se debe producir una flexión dorsal mínima de 10º con rodilla en extensión durante la fase final del apoyo medio (Figura 10).

La Tabla 2 muestra el estado de diferentes articulaciones de pie y tobillo durante el comienzo y el final de esta fase de apoyo medio.

### Periodo propulsivo

La fase propulsiva consume aproximadamente un 33% del total de la fase de apoyo y un 20% de un



Figura 6.



Figura 8.

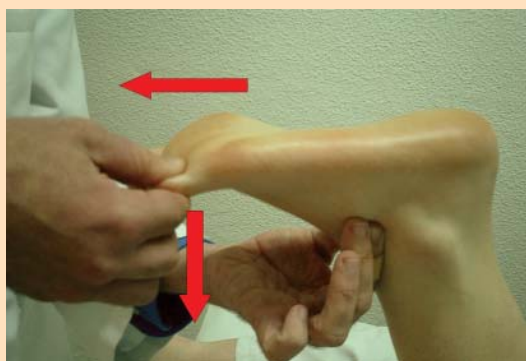


Figura 7.



Figura 9.



Figura 10. "Árbol de la emanación", con las 10 Sefira

Tabla 2.

Articulación	Inicio apoyo medio	Final apoyo medio
Cadera	Flexión de 20°	Extensión de 10°
Rodilla	Flexión de 20°	Extensión completa
Tobillo	Ligera flexión plantar	Ligera flexión dorsal de 10°
A.S.A.	Pronada	Neutra
A.M.T.	LMJA Invertida OMJA Evertida	LMJA Evertida OMJA Neutra
1er Radio	Neutro	Ligera plantarflexión

ciclo completo, lo que en tiempo real a una velocidad media representa 0,2 segundos.

Durante esta fase se producen gran cantidad de fuerzas verticales sobre el antepié, que se estabiliza sobre estructuras proximales estables gracias a la supinación subastragalina.

Durante el despegue del talón se producen las siguientes acciones:

- Desplazamiento anterior del centro de gravedad.
- Contracción del músculo Sóleo.
- Contracción del músculo Gastrocnemio, lo que genera flexión de rodilla y plantarflexión de tobillo (Figura 11).

La articulación mediotarsiana sufre un movimiento de supinación sobre su eje oblicuo (OMJA), produciendo una flexión plantar y aducción del antepié (Figura 12).

Durante este periodo se mantiene la rotación externa de la pierna, la contracción de músculos intrínsecos plantares, y el mecanismo de Windlass.

Es necesario destacar que la contracción del músculo Peroneo Lateral Largo produce:

- La flexión dorsal y eversión del cuboides.
- Estabilización del primer radio, haciendo que el primer radio contacte con el suelo al final del periodo propulsivo, incluso siendo más largo el segundo.
- Traslación de la carga hacia la zona medial del pie.



Figura 11.



Figura 12.

Con relación a la primera articulación metatarsofalángica, el adecuado rango de flexión dorsal es de 65° (Figura 13).

La Tabla 3 muestra el estado de diferentes articulaciones del miembro inferior durante el inicio de la propulsión y su movimiento durante esta fase de la marcha:

### Fase de balanceo

La fase de balanceo comienza en el despegue digital y finaliza con el contacto de talón. Recordamos que su duración porcentual en el ciclo de la marcha es de alrededor del 40% y la duración de 0,4 segundos. Para ser capaces de iniciar con éxito la fase de balanceo debemos flexionar grandes articulaciones como son la cadera y la rodilla, así como dorsiflexionar el tobillo (Figura 14), el cual ya comienza a sufrir una contracción del compartimento muscular anterior (extensor común de los dedos

y peroneo anterior) durante la propulsión tardía. Estos músculos que generan el principio de la dorsiflexión del tobillo también llevan a cabo la eversión de la articulación subastragalina, así como sobre el eje oblicuo de la articulación mediotarsiana.

Posteriormente se contraen el músculo tibial anterior y el extensor largo propio del primer dedo. El primer radio se dorsiflexiona y supina por acción del tibial anterior, produciéndose así un mejor despegue del suelo (Tabla 4).

**Tabla 3.**

Articulación	Inicio propulsión	Movimiento
Cadera	Extensión de 10°	Flexión
Rodilla	Extensión completa	Flexión
Tobillo	Ligera flexión dorsal (10°)	Plantarflexión
A.S.A.	Neutra	Supinación
A.M.T.	LMJA Evertida OMJA Neutra	LMJA Eversión OMJA Inversión
1er Radio	Ligera plantarflexión	Plantarflexión total

**Tabla 4. Situación articular del pie en la fase intermedia de la fase de balanceo**

Articulación	Fase intermedia de balanceo
Cadera	Flexión de 30°
Rodilla	Flexión de 120°
Tobillo	Neutro
A.S.A.	Pronada
A.M.T.	Ligeramente Evertida
1er Radio	Máxima dorsiflexión

**Tabla 5. Situación articular del pie en la fase previa al contacto de talón**

Articulación	Fase final de balanceo
Cadera	Flexión de 30°
Rodilla	Extensión completa
Tobillo	Ligera dorsiflexión
A.S.A.	Ligera supinación
A.M.T.	OMJA Pronada LMJA Supinada
1er Radio	Neutro



Figura 13.



Figura 14.

Durante el periodo intermedio de balanceo existe una actividad muscular limitada a nivel del pie, pero previo al contacto del talón con la superficie del suelo se contrae la musculatura del compartimento anterior para preparar el contacto y hacer que éste sea lo más suave posible (Tabla 5).

## Conclusiones

La exploración biomecánica tiene una importancia superlativa a la hora de realizar un correcto diagnóstico clínico. Con este artículo hemos tratado de esquematizar el funcionamiento de las principales

articulaciones del miembro inferior durante todo el ciclo de la marcha. Podemos observar cómo en ocasiones el tratamiento ortopodológico, quirúrgico, físico, etc., no elimina o disminuye el problema del paciente, y hemos comprobado que si se realiza un correcto análisis de la dinámica y estática del paciente el índice de error es prácticamente nulo.

## Agradecimientos

A todo el personal de la Clínica del Pie "Martín Gutiérrez", por la ayuda prestada y por los medios puestos a nuestra disposición.

## Bibliografía recomendada

Durward BR, Baer GD, Rowe PJ. *Functional Human Movement: measurement and analysis*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.

Hunter S, Dolan MG, Davis JM. *Foot Orthotics in therapy and sport*. Champaign, Illinois. 1995;11-28:37-66.

Michaud Th. C. *Foot orthoses and other forms of conservative foot care*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993;27-65.

Mizel MS, Miller RA, Scioli MW. *Orthopaedic Knowledge Update. Foot and Ankle 2*. Rosemont, Illinois: American Academy of Orthopaedic Surgeons 2nd Edition, 1998;1-10.

Nordin M, Frankel VH. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 2nd ed; Philadelphia: Lea & Febiger, 1989.

Plas F, Viel E, Blanc Y. *La marcha humana*. Barcelona: Masson, 1996.

Seibel MO. *Función del pie*. Madrid: Ortocen, 1994.

Valmassy RL. *Clinical Biomechanics of the lower extremities*. St. Louis: Mosby, 1996;1-96:131-206.

Whittle MW. *Gait analysis, an introduction*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998.

<http://homepages.iol.ie/~rcsiorth/journal/volume2/june/gait.htm>. McCormac D. Observational Gait Analysis [www.anatomy.gla.ac.uk/fab/tutorial/biomech/gait1.html](http://www.anatomy.gla.ac.uk/fab/tutorial/biomech/gait1.html)

[www.vard.org/mono/gait/malanga.htm](http://www.vard.org/mono/gait/malanga.htm). 23 de abril de 1999. Malanga G, Delisa JA. Gait Analysis in the Science of Rehabilitation. Section I: Clinical Observation.