

IL PIEDE NELL'ATTO DI MOTO

N. Tjouroudis^{*o}, R. Saggini^o

^oScuola di Specializzazione in Medicina dello Sport Università di Chieti

* Fiduciario medico regionale - FIDAL Toscana

Il piede nell'atletica leggera non soltanto concorre a realizzare l'atto di moto, intendendo con questo l'atto di avanzamento dell'intera struttura corporea nello spazio, ma è elemento fondamentale del gesto sportivo.

Il piede risulta essere, in funzione delle sollecitazioni esterne, l'interfaccia con il terreno di appoggio più adattabile e variabile, così da poter assicurare all'uomo un movimento nello spazio sicuro ed economico. Esso non è una struttura avulsa dal contesto generale del corpo, bensì una struttura completamente integrata nel divenire dell'atto di moto.

La capacità funzionale del piede e della caviglia è espressa dal contorno e dalle dimensioni del loro campo di movimento. La dimensione del campo di movimento include tutti i possibili spostamenti spaziali dell'avampiede con la parte distale dell'arto inferiore ferma. Il campo di movimento del piede e della caviglia ha un profilo ovale. Il segmento verticale del campo è determinato principalmente dall'articolazione tibiotarsica e il segmento trasverso delle articolazioni astragalocalcaneonavicolare (sottoastragalica) e mesotarsiche. La capacità funzionale del piede e della caviglia dipende dall'età. Il campo funzionale è largo nell'età infantile, e con l'avanzare dell'età gradualmente si costringe, maggiormente il segmento trasverso che il segmento verticale. Nell'età tra 2 e 6 anni, il cam-

po è ovale trasversalmente; all'età di 40 anni questo è convertito ad ovale verticalmente; e dall'età di 70 anni, questo è ristretto, limitando principalmente il segmento verticale. In termini di capacità funzionale il piede a 70 può essere dorsiflesso e plantarflesso, ma ha una capacità limitata di adattarsi in qualsiasi terreno, durante il cammino.

L'asse di movimento è la linea immaginaria intorno alla quale accade il movimento. Il piano del movimento è perpendicolare alla direzione dell'asse. Un orientamento obliquo di un asse può essere considerato come il risultato dei componenti di tre assi: trasverso, verticale e anteroposteriore (longitudinale).

Un asse obliquo provoca movimenti simultanei intorno ai loro componenti vettoriali o assi secondari.

L'asse della tibiotarsica: in dorsiflessione è inclinato indietro e lateralmente; nella plantarflessione l'asse è inclinato indietro e medialmente. Il profilo trocleare laterale è un arco di un vero cerchio. Il profilo mediale è più complesso. Il terzo anteriore o arco della dorsiflessione appartiene ad un cerchio minore in confronto ai 2/3 posteriori o arco della plantarflessione, il quale appartiene ad un cerchio maggiore.

L'asse della sottoastragalica o asse astragalo-calcaneo-navicolare ha due componenti: obliquo e longitudinale. L'asse della sottoastragalica è diretto

dall'angolo posterolaterale del tallone al lato superomediale del collo astragalico. L'asse obliquo dal lato laterale del tallone passa attraverso il lato superomediale della testa astragalica. L'asse longitudinale si estende dal lato laterale posteriore del tallone alla superficie superiore dello scafoide.

MacConail considera il piede, escluse le dita, come una lamina attorcigliata (ad elica), "la lamina pedis". Strutturalmente la lamina pedis è formata dall'intero scheletro del piede con i legamenti di supporto meno l'astragalo. La lamina è appiattita alla parte superiore a livello delle teste metatarsali ed appiattita sui lati al livello del calcagno. La torsione della lamina del piede genera l'arco mediale longitudinale e l'arco trasverso del mesopiede.

Strutturalmente nel piede è riconoscibile una colonna mediale (piede astragalico) costituita dall'astragalo, scafoide, 1°, 2°, 3° cuneiforme e 1°, 2° e 3° raggio dell'avampiede, ed una colonna laterale (piede calcaneale), formata da: calcagno, cuboide e 4°, 5° raggio avampodalico (Pisani, 1986).

L'analisi della disposizione della trabecolatura ossea evidenzia che vi sono trabecolature specifiche per il piede astragalico e per quello calcaneare in relazione anche all'orientamento spaziale delle forze trasmesse durante la fase di appoggio. L'orientamento non risulta disturbato dalla presenza degli spazi articolari e mantiene una continuità lineare nella disposizione delle ossa.

Per quanto riguarda la coesione con le ossa del piede, questa si realizza attraverso l'azione combinata delle formazioni capsulo-legamentose ed aponeurotiche con la fisiologica architettura ossea podalica; in questo sistema di funzioni l'intervento delle forze muscolari risulta fungere da sistema di regolazione indiretto.

La forma e la struttura funzionale del piede risulta essere infatti la risposta del nostro organismo alle sollecitazioni esterne: potremo così essere in

grado di interagire con le forze allo scopo di esercitare un positivo controllo. Tra queste forze sottolineiamo la forza di gravità, l'inerzia relativa al movimento e la reazione del suolo con il piede, che si sviluppa durante la fase di appoggio al terreno (Cavagna, 1975).

Questa ultima assume un importante valore in quanto risulta essere la sintesi del movimento permettendo la conoscenza degli andamenti nel tempo e nello spazio e il dispendio energetico necessario al nostro organismo per sviluppare l'atto di moto specifico, quale quello richiesto dalle varie discipline.

Durante la prestazione funzionale la caviglia, il retro piede, l'avampiede sono altamente integrati. Le rotazioni orizzontali che si realizzano durante la dinamica e coinvolgono il bacino, a livello della articolazione sottoastragalica in un contesto gravitativo, vengono a determinare movimenti complessi del retro piede con l'avampiede con conseguente abbassamento e sollevamento dell'arco plantare.

Il ciclo del cammino è suddiviso convenzionalmente in due fasi:

la fase di appoggio e la fase di oscillazione.

La fase di appoggio viene a sua volta suddivisa in:

- a. fase di impatto;
- b. fase di supporto;
- c. fase di spinta.

Fase di impatto: comincia con l'impatto del tallone. Il piede scende velocemente e stabilisce il contatto con il terreno sul suo bordo laterale; l'alluce è dorsiflesso da 20° a 30°, la tibia ruota verso l'interno e le articolazioni sottoastragaliche e mesotarsiche vanno verso l'eversione dall'iniziale leggera inversione.

L'articolazione calcaneocuboidea si blocca in relazione al movimento di pronazione.

Durante la fase di impatto del piede e la fase successiva di supporto il piede si dimostra flessibile; così è capace di adattarsi velocemente a qualsiasi superficie ed agire come un assorbente

dell'impatto. Ciò si realizza per l'azione pronatoria dell'articolazione sottoastragalica e delle mediotarsiche.

Fase di supporto: in questa fase la stabilità aumenta attraverso un meccanismo a cerniera iniziato dalla fascia plantare e dalle strutture di supporto. L'articolazione metatarsofalangea dell'alluce è in posizione neutra.

In questa fase di supporto l'arto è perpendicolare al piede. Il movimento in avanti dell'arto continua e il tallone comincia a staccarsi dal terreno al 30% del ciclo iniziando la fase di spinta. La tibia continua la sua rotazione esterna.

Così il piede modifica la sua funzione e diventa da adattore flessibile (come un sacco d'ossa) una potente e stabile leva propulsiva.

Fase di spinta: durante questa fase il piede è in posizione di torsione supinatoria. Inoltre attraverso la dorsiflessione metatarsofalangea, il meccanismo windlass restituisce e aumenta la tensione nella fascia plantare. Il piede come un braccio di leva mantiene la sua rigidità.

La spinta avviene inizialmente lungo un asse obliquo che passa dalle teste metatarsali dalla 5ª alla 2ª e successivamente lungo l'asse trasverso che passa dalla 1ª e 2ª testa metatarsale. Il meccanismo a windlass è molto efficace con il movimento lungo l'asse trasverso.

Quando il piede si solleva lungo l'asse obliquo o trasverso delle articolazioni metatarsali, il retro piede e il mesopiede si muovono intorno agli assi tibiotarsico e sottoastragalico con un asse risultante parallelo all'asse di movimento obliquo prima e trasverso dopo.

Il movimento intorno all'asse obliquo può essere caratterizzato come un movimento a bassa velocità e il movimento intorno all'asse trasverso come un movimento ad alta velocità.

L'articolazione metatarso falangea dell'alluce raggiunge il massimo della dorsiflessione (50°-60°) tra il 45% e il 50% del ciclo. In seguito la dorsi-

flessione diminuisce e raggiunge lo 0° con l'alluce che si solleva dal terreno al 60% del ciclo del cammino.

La pelle della pianta del piede è mobile durante il 30% del ciclo del cammino. La graduale dorsiflessione dell'alluce e delle articolazioni metatarsofalangee limita la mobilità della pelle. La pelle fissa non trasmette le forze laceranti alle strutture profonde.

Fase di oscillazione: durante la fase di oscillazione il piede è staccato dal terreno. All'inizio il piede è in accelerazione e in flessione plantare. Nella mesofase di oscillazione il piede è gradualmente dorsiflesso e in eversione; la caviglia è ad angolo retto e il piede è ancora in accelerazione in avanti. L'arto ruota e il calcagno si inverte. Il piede scende e impatta al terreno con il calcagno in minima inversione; il passo è completo.

Quando la velocità del gesto aumenta il periodo della fase di appoggio diminuisce e il periodo della fase di oscillazione aumenta. Esiste ancora una fase di non supporto ove i due piedi sono in aria.

Durante il cammino ogni passo dura approssimativamente 1 sec. Aumentando la velocità il periodo della fase di appoggio diminuisce e a velocità di 16 Km/h la durata del ciclo diminuisce a 0,6 sec. Inoltre la fase di appoggio diminuisce da 0,6 sec. a 0,2 sec.

Questa marcata diminuzione della fase di appoggio è una delle cause delle lesioni da sovraccarico degli atleti, perché eventi come, l'assorbimento dell'impatto, la decelerazione, la stabilizzazione del piede e la spinta, accadono in circa un terzo del tempo che si utilizza durante il cammino. La velocità angolare intorno ai vari assi nello stesso modo aumenta per compensare questa variazione rapida del ciclo.

Inoltre questi eventi sono ripetuti ciclicamente per lunghi periodi; per questa ragione ogni anomalia nel sistema biomeccanico può manifestarsi nella forma della lesione dell'arto inferiore.

BIBLIOGRAFIA

BARNETT C.H., NAPIER J.R.: *The axis of rotation at the ankle joint in man: Its influence upon the form of talus and the mobility of the fibula*, J. Anat. 86. 1, 1952.
 BATES B.T., JAMES S.L. OSTERNIG L.R.: *Foot function during the support fase of running*, American J. of Sports Medicine, 7, 328, 1979.
 BATES B.T. OSTERNIG L.R., MASON B., JAMES S.L.: *Lower extremity function during the support fase of running*, Biomechanics 30-39, 1978, E. Asmussen and K. Jorgensen (Eds), Baltimore.
 BOONE D.C., AZEN S.P.: *Normal range of*

motion of joints in male subjects, J. Bone Joint Surg. 61, 5, 756, 1979.
 BOWKER H.J., HALL C.B.: *Normal human gait*, Atlas of Orthotics, Biomechanical principles and application, 133-143, 1975. C.V. Mosby: S. Louis.
 CAVAGNA G.A.: *Force platforms as ergometers*, J. Appl. Physiol 39: 174-178, 1975.
 ENGSBERG J.R., ANDREWS J.G.: *Kinematic analysis of the talocalcaneal/ talocrural joint during running support*, Medicine and Science in Sports and Exercise, 19(3), 275-284, 1987.
 INMAN V.T.: *Joints of the ankle*, 1976, Williams and Wilkins, Baltimore.
 INMAN V.T., RALSTON H.J., TODD F.: *Hu-*

man Walking, 1-61 1981, Williams and Wilkins, Baltimore.
 MANN R.A.: *Biomechanics of the foot*, Atlas of orthotics Biomechanical principles and application, 257-266, 1975, C.V. Mosby: St. Louis.
 MANN R.A.: *Biomechanics of the foot and ankle*, Surgery of the foot (5th ed.) 1986, R.A. Mann (ed.) C.V. Mosby: St. Louis.
 MANN R.A., BAXTER D.E., LUTTER L.D.: *Running Symposium*, Foot Ankle, 4, 190, 1981.
 MACCONAIL M.A.: *The postural mechanism of the human foot*, Proc. Ir. Acad. 50, 14, 265, 1945.
 PISANI G.: *Piede astragalicò e piede calcaneale*, Chir. Piede X, 1-11, 1986.



