INDICE

Premessa introduttiva 11

Anatomia e biomeccanica 13

Il ruolo delle metodiche per immagini 19

Classificazione patologie dolorose dell'avampiede

- **Patologie biomeccaniche** 25
- **Patologie ossee** 27
- **Patologie articolari** 31
- **Patologie delle parti molli** 33
- **Patologie tumorali** 39

Conclusioni 43

Anatomia e biomeccanica

Il piede (fig. 1) viene schematicamente diviso in tre porzioni anatomo-funzionali: retro, meso ed avampiede.
Due linee sul piano scheletrico dividono l'intero piede nelle tre porzioni:

- la linea di Chopard divide il retro dal mesopiede passando tra astragalo e calcagno (che sono posteriori a tale linea) e lo scafoide ed il cuboide (che sono anteriori);
- la linea di Lisfranc separa il mesopiede dall'avampiede (passando tra i tre cuneiformi ed il cuboide e le basi dei 5 metatarsi).

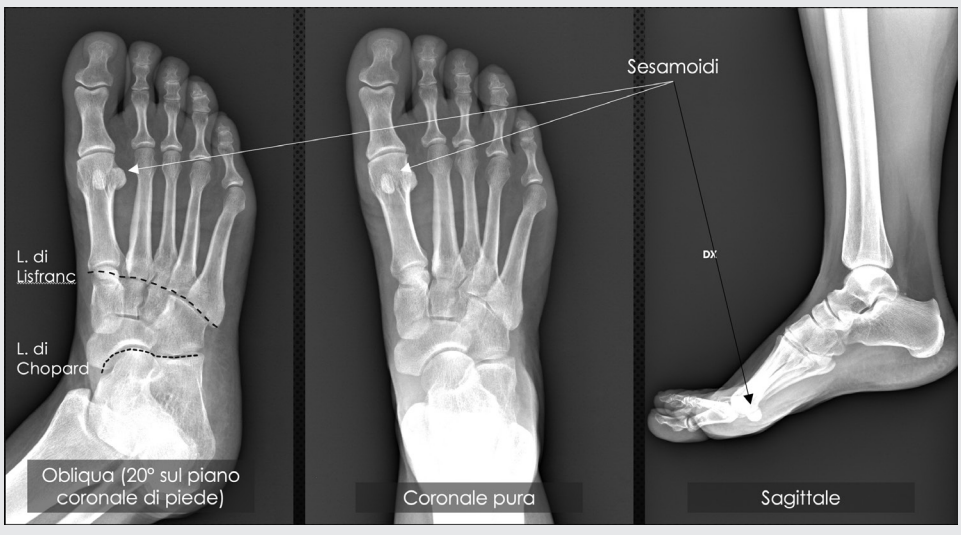


Figura 1.
Radiografia del piede nelle tre proiezioni standard eseguite in clinostatismo

Lo scheletro dell'avampiede pertanto è composto dalle 5 ossa metatarsali, le falangi (14) ed i sesamoidi. Tale struttura è responsabile del trasferimento a terra del carico e della forza propulsiva durante il passo in maniera estremamente significativa. Studi che hanno esaminato questi fattori riportano che l'avampiede è interessato dal trasferimento di forze in una frazione compresa tra il 60 ed il 70% del passo, sia nella camminata che nella corsa, in presenza di un piede normoconformato. Tuttavia, per comprendere come la patologia dell'avampiede sia strettamente connessa con tutto il piede è necessario conoscere le modalità biomeccaniche di trasferimento del carico attraverso l'intero piede. Tutte le varie strutture sono interconnesse e pertanto il fallimento funzionale o il sovraccarico di un settore comporta uno squilibrio generalizzato.

Moltissimi sono gli studi che hanno tentato di fare luce sulla biomeccanica del piede attraverso prove dinamiche, elaborazioni 3D e modelli computerizzati, ma ad oggi ancora non si è giunti ad un modello conclusivo. Dato che una discussione approfondita di tutta la biomeccanica è oltre lo scopo del presente lavoro, riassumiamo qui alcuni concetti che possono aiutare nella comprensione dei quadri patologici.
Il concetto di partenza è che la struttura scheletrica del piede prevede la presenza di 2 archi: uno longitudinale ed uno trasversale.
L'arco longitudinale, dalla tuberosità del calcagno alle teste metatarsali, viene spesso suddiviso in due distinte componenti: una componente mediale verso il I metatarso ed una componente laterale verso il V.
L'arco trasversale viene generalmente considerato passante per le teste metatarsali.
Tali archi, al di là di varianti anatomiche legate al piede piatto o cavo, variano l'ampiezza e la rigidità in maniera dinamica durante il passo (ed in maniera diversa se consideriamo una camminata od una corsa) grazie a componenti legamentose e muscolari intrinseche ed estrinseche. Tali variazioni sono di capitale importanza in quanto questi adattamenti permettono di attenuare l'impatto del carico al suolo e di ottimizzare il trasferimento di energia.

I punti statici di scarico al suolo della forza sono localizzati sul calcagno e sul I e V metatarso, che rappresentano i tre punti a terra dei tre archi. Tuttavia, non solamente queste tre ossa vengono interessate dal trasferimento di carico, dal momento che la dinamica del passo è estremamente complessa ed il trasferimento è continuo.
Importante sottolineare la descrizione degli archi principali del piede in relazione alla biomeccanica.
L'arco longitudinale è probabilmente il più studiato: scheletricamente è composto dal calcagno posteriormente; anteriormente si sdoppia in due componenti: una mediale (che passa dallo scafoide tarsale, dal cuneiforme mediale ed arriva alla testa del I metatarso) ed una laterale (cuboide e V metatarso). A "rivestimento interno" di questo arco osseo, è presente una struttura miotendineo-

legamentosa che è fondamentale al mantenimento ed all'adattamento della forma dell'arco sotto carico. Questa struttura è composta da strutture passive fra i quali sono localizzate le componenti muscolari attive. Le strutture passive sono i legamenti plantari e la fascia plantare (rispettivamente i più profondi e la più superficiale); le componenti attive sono le componenti muscolari, intrinseche (come l'abduttore dell'alluce ed il flessore breve delle dita) ed estrinseche (il tibiale posteriore, il peroniero lungo, il flessore lungo delle dita e dell'alluce). L'intera struttura muscolo-tendineo-legamentosa è estremamente complessa e riesce a modificare ampiezza e rigidità dell'arco longitudinale scheletrico permettendo sia di scaricare al suolo il peso corporeo in maniera più elastica che di rendere più efficiente la forza propulsiva muscolare (in quest'ultimo caso, infatti, è richiesta una maggiore rigidità che permetta una minore dissipazione dell'energia durante la contrazione muscolare). Tali adattamenti sono effettuati in maniera automatica ed involontaria grazie a componenti passive ma anche attive (controllate dal sistema nervoso centrale con contrazioni dei muscolari tese a mantenere il giusto grado di rigidità della struttura).

In sintesi, l'arco viene adattato continuamente in termini di ampiezza e rigidità in maniera ottimale in ogni condizione: passando in ortostatismo e quindi in carico, l'arco si riduce di altezza ed aumenta l'ampiezza creando un irrigidimento delle strutture legamentose. Questo rende l'arco stesso più adatto a sostenere il carico. Durante la fase propulsiva sull'avampiede, la rigidità raggiunge un picco tale per cui il trasferimento della forza muscolare al suolo è particolarmente efficiente in termini metabolici, senza dissipazione di energia in componenti elastiche.
Relativamente all'arco trasversale, la sua struttura arcuata è fondamentale per due ragioni: la prima è che permette di scaricare le forze al suolo con una struttura ad arco che ottimizza il trasferimento del carico anche attraverso forze elastiche; la seconda è che la sua forma ad arco permette di irrigidire meglio, in maniera dinamica ed in precise fasi del passo, anche l'arco longitudinale del piede che è perpendicolare a quello trasverso metatarsale e che sarebbe meno capace di irrigidirsi se lavorasse su un piano piatto rispetto ad uno arcuato (fig. 2).

Alcuni autori hanno sottolineato in tal senso l'importanza del legamento trasverso metatarsale profondo, la cui debolezza o lesione potrebbe ripercuotersi sulla funzionalità dell'arco longitudinale. Tale legamento (fig. 3) è in realtà costituito da bande fibrose che uniscono le placche plantari dalla testa del II fino al V metatarso e sono quindi profondamente interconnesse con le articolazioni metatarso-falangee per le quali le placche plantari rappresentano un rinforzo capsulare in sede plantare. Sulla superficie plantare della placca scorre il tendine flessore delle dita.
Analizzando la fase dinamica, durante il passo vi è un progressivo movimento del punto di trasferimento delle forze dal versante laterale (testa del V metatar-

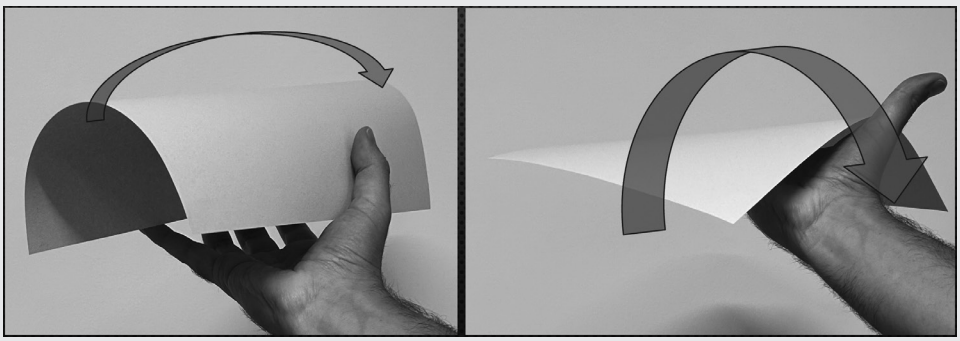


Figura 2.
Maggiore rigidità lungo l'asse maggiore del foglio se vi è una curvatura del suo asse minore. Viceversa, se l'asse minore non è curvato la rigidità dell'asse corto è minore

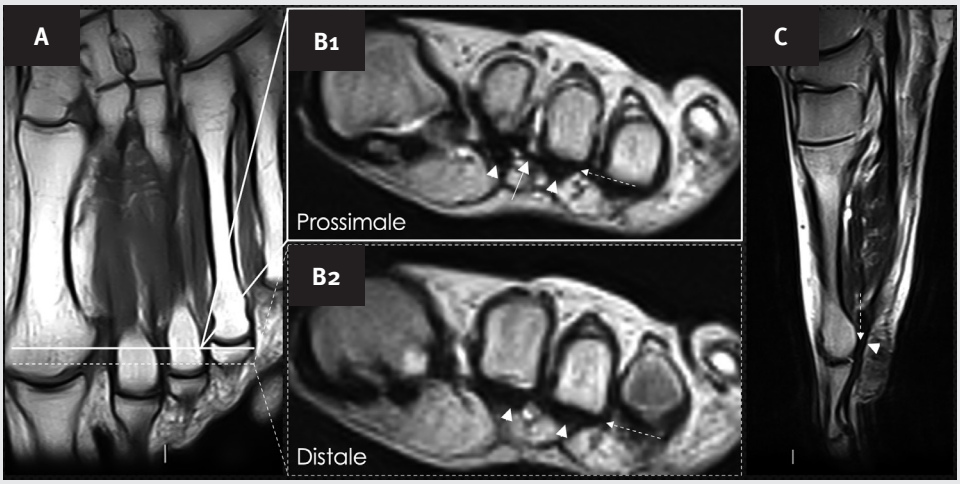


Figura 3.
RM dell'avampiede, con scansioni coronale T1 (A), assiale T2 in due piani prossimale (B1) e distale (B2) a livello delle articolazioni interfalangee e sagittale T2 (C) con dimostrazione del legamento metatarsale profondo (freccia continua), della placca plantare (freccia tratteggiata) e del tendine flessore delle dita (punta di freccia)