



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

Master

“Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici”

ANNO ACCADEMICO 2004

Lesioni da sovraccarico nella corsa e plantari: Implicazioni biomeccaniche

Tesi di

Viviana Contardo

Abstract

Le lesioni da sovraccarico legate all'attività fisica, ed in particolare alla corsa, sono ad oggi molto frequenti. Gli esperti hanno ipotizzato un possibile collegamento tra la forma del piede, la sua funzione e la probabilità di lesione. Per la prevenzione e il trattamento di queste lesioni, sono stati largamente prescritti plantari ed ortesi, con la convinzione che la loro azione potesse modificare l'allineamento e il movimento dei diversi segmenti degli arti inferiori. L'efficacia della metodologia, tuttavia, non è chiara.

L'obiettivo di questa review è quello di esaminare la letteratura allo scopo di migliorare la comprensione dell'attuale stato dell'arte rispetto all'utilità effettiva dei plantari e al loro effetto sulla cinematica del piede e della corsa.

Materiali e metodi: i database utilizzati per la ricerca degli articoli sono Medline e Pedro. Il lavoro di reperimento degli articoli è stato effettuato valutando sia i clinical trials, che gli studi prospettici per meglio indagare sugli effetti a lungo termine.

Risultati: sono stati trovati 12 clinical trials, 3 studi prospettici e 2 basati su questionari; sono stati esclusi 4 articoli i cui contenuti non erano direttamente in relazione con gli obiettivi del lavoro in questione. In generale, gli studi trovati in letteratura rivisitano ampiamente gli effetti di una certa tipologia di piede sulle probabilità di lesione dell'arto inferiore durante le attività sportive, gli effetti dell'applicazione di ortesi in relazione agli aspetti legati alla biomeccanica dell'arto inferiore.

Conclusioni: esistono chiare evidenze basate sul beneficio soggettivo dei plantari, ovvero sul rilascio dei sintomi, sul confort del paziente. I meccanismi, invece, secondo cui tali ortesi agiscono sono ancora controversi. Sarebbero necessari ulteriori studi prospettici per evidenziare in particolar modo, gli effetti a lungo termine.

Parole chiave: running, injuries, orthosis, insoles, shoes

Introduzione

I plantari e le ortesi per le attività sportive vengono utilizzati ormai da molti anni. La loro prescrizione in ambito sportivo viene effettuata con differenti obiettivi:

- ridurre la frequenza delle lesioni legate a movimenti anomali;
- “allineare lo scheletro”;
- fornire un corpo assorbente per le forze di impatto;
- migliorare il feedback sensoriale;
- fornire confort.

Lo scopo di questo lavoro è di valutare i benefici dei plantari e delle ortesi nella prevenzione e nel trattamento delle lesioni da sovraccarico nelle attività sportive.

Le lesioni dell'arto inferiore nella corsa sono state associate in particolar modo al ripetuto impatto del piede al suolo. I fattori eziologici principali che portano allo sviluppo di tali lesioni sono gli errori di allenamento, le scarpe da corsa, le caratteristiche del suolo, e le condizioni anatomiche dell'arto inferiore.¹

Un fattore predisponente per le lesioni da sovraccarico negli atleti sembra essere caratterizzato da una differente tipologia di piede, in particolare, dalle modificazioni dell'altezza dell'arco plantare. Tuttavia, il meccanismo che sottende l'alta incidenza

delle lesioni legate alla corsa associate alle modificazioni dell'altezza dell'arco plantare non è stato ancora accertato pienamente.

Nella pratica comune si possono individuare fondamentalmente due modelli di valutazione che tendono a porsi come assunti scontati: il primo concetto è quello secondo il quale un piede con una data struttura ha determinate caratteristiche funzionali che, a loro volta, vengono messe in relazione a particolari situazioni patomeccaniche. Questo modello presuppone che funzione e cinematica possano essere dedotte dall'osservazione della morfologia del piede stesso, concetto alquanto discutibile. Il secondo concetto mette in relazione funzione e cinematica del piede con l'allineamento delle articolazioni. Vedremo nel corso dello svolgimento del lavoro come tali assunti non possano essere considerati imprescindibili.

Ruolo della conformazione del piede sullo sviluppo delle lesioni da sovraccarico.

Nello studio delle lesioni da sovraccarico una componente rilevante e largamente studiata dagli esperti del settore è sempre stata la conformazione del piede. Una funzione importante del piede è attribuita all'altezza dell'arco plantare: le teorie più comunemente accreditate tendono ad individuare prevalentemente due categorie di lesioni da sovraccarico a cui il podista andrebbe teoricamente incontro a seconda che il suo piede sia piatto o cavo. In definitiva, un piede con arco plantare basso avrebbe una maggior tendenza ad essere più flessibile e, di conseguenza, maggiormente soggetto ad un movimento di pronazione (in termini di quantità, frequenza e velocità) durante la fase di contatto al suolo, sia nel cammino che nella corsa. Al contrario, un piede con arco plantare alto è stato sempre considerato un piede rigido e, di conseguenza, atteggiato in maggior supinazione, venendo associato spesso al rischio di fratture da stress a causa di una maggior quantità di energia trasmessa al sistema scheletrico dell'arto inferiore.

In uno studio prospettico su 303 soldati americani allenati Cowan et al.² rilevarono che un piede con un arco plantare basso non fosse soggetto a lesioni in maniera più significativa rispetto ad un'altra conformazione, anzi, venne rilevata addirittura una componente di protezione rispetto alle lesioni dell'arto inferiore; un arco plantare alto sembrava invece essere associato ad un maggior rischio di lesione, in particolare se la maggior altezza era rilevata a livello dell'osso navicolare. Le misurazioni vennero effettuate tramite registrazioni video digitali in stazione eretta.

Ad enfatizzare invece la necessità di una misurazione dinamica, più affidabile rispetto ad una misurazione statica utilizzata da Cowan, ci fu lo studio di Kaufman et al.³ Si tratta di uno studio prospettico durato due anni, in cui gli autori cercarono di individuare la presenza di una associazione oggettiva tra la struttura del piede e lo sviluppo di lesioni da sovraccarico in atleti sottoposti ad un allenamento ad alta intensità. Gli atleti che parteciparono allo studio erano 449. Nella prima fase del lavoro vennero misurati il movimento della caviglia, il movimento sottoastragalico e le caratteristiche dell'arco plantare in condizione statica e dinamica. Vennero individuati i fattori di rischio che predisponavano alcuni soggetti a lesioni da sovraccarico, quali il piede piatto, il piede cavo, una restrizione della dorsiflessione tibio-tarsica, un'aumentata inversione del retropiede, tutti elementi correggibili. I risultati dimostrarono una effettiva relazione tra la struttura del piede e il rischio di lesioni da sovraccarico. Sia i soggetti con piede cavo che i soggetti con piede piatto, misurati staticamente e dinamicamente, riportarono un rischio doppio di sviluppare fratture da stress, paragonati ai soggetti con un'altezza dell'arco media. Per quanto riguarda le associazioni tra le problematiche legate al ginocchio e la conformazione del piede, gli autori non individuarono relazioni tra un arco plantare alto e lo sviluppo di una sindrome della bendelletta ileo-tibiale, o di una sindrome femororotulea. Rispetto allo sviluppo di una tendinite a livello del tendine d'Achille, sembrerebbe che i soggetti con un retropiede atteggiato in inversione, o con una ridotta mobilità in dorsiflessione siano più soggetti allo sviluppo di questo tipo di lesione.

In conclusione, a dispetto di significativi progressi nella comprensione della cinematica e della cinetica del complesso del piede e della caviglia, i meccanismi che causano le lesioni da sovraccarico negli arti inferiori non sono ancora molto chiari. L'effetto della conformazione del piede sullo sviluppo di patologie legate alla corsa non è stato sottoposto a studi controllati e sono state effettivamente dimostrate poche, se presenti, casuali correlazioni. Ulteriori studi sono necessari per identificare i fattori, determinarne le cause e finalmente modificarli con la valutazione dell'incidenza delle lesioni.

Per meglio comprendere la relazione funzionale tra l'altezza dell'arco e le lesioni da sovraccarico, alcuni autori hanno tentato di valutare l'influenza dell'altezza dell'arco sulle variabili cinematiche dell'estremità inferiore. Nigg et al. hanno esaminato l'influenza dell'altezza dell'arco sulla rotazione assiale della tibia. L'idea di base del lavoro era che l'arco identificasse la struttura del tarso, influenzando le rotazioni

tibio-astragaliche grazie alla sua localizzazione tra piede e tibia. I risultati di questo studio suggeriscono che l'altezza dell'arco non influenza né l'eversione massima, né la rotazione della gamba durante la corsa. Piuttosto, il trasferimento dall'eversione del piede alla rotazione interna sembrava incrementare significativamente con l'aumento dell'altezza dell'arco.

L' "allineamento dello scheletro"

Molte lesioni sportive sono state associate a deficit di allineamento biomeccanico della struttura scheletrica, sia statici che dinamici. Eccessivo varismo o valgismo del piede, eccessiva inversione o eversione sono state associate a tendiniti achilleanche, fasciti plantari, dolori antero-mediali della gamba, fratture da stress. Il movimento di inversione/eversione del calcagno viene trasferito a livello tibiale come una rotazione esterna/interna, fattore che determinerebbe lesioni a carico del ginocchio quando, ad esempio, una eccessiva eversione si associa ad un movimento accoppiato di piede e gamba.

In un recente studio retrospettivo, Wen et al.⁴ hanno misurato l'allineamento dell'arto inferiore, includendo l'altezza dell'arco plantare, il varismo del calcagno, l'angolo del tubercolo del ginocchio, il varismo del ginocchio ed una dismetria degli arti inferiori; i risultati dimostrarono che non esiste una associazione statistica tra questi fattori ed il rischio di lesione. Gli stessi risultati gli autori li rilevarono in uno studio prospettico effettuato su 355 maratoneti volontari.⁵ In contrasto con lo studio di Cowan, gli autori non hanno trovato una corrispondenza tra un aumentato arco plantare e lo sviluppo di lesioni da sovraccarico; questa discordanza venne spiegata dal fatto che nel lavoro di Cowan le reclute indossavano stivali militari, mentre nel lavoro in questione i soggetti indossavano scarpe da corsa scelte dai partecipanti stessi che possono meglio compensare eventuali differenze di altezza dell'arco plantare. Un limite allo studio di Wen et al. è rappresentato dal fatto che sia basato su dati retrospettivi che di conseguenza includono potenziali fattori di confondimento ed una certa difficoltà a stabilire cause ed effetti.

Una delle problematiche legate alla corsa e che spesso i clinici si trovano ad affrontare è il dolore anteriore della gamba. Tale sintomo viene associato ad una scorretta posizione o ad un'alterata mobilità del piede, della gamba e della caviglia. Altri fattori che possono determinare tale sindrome sono sicuramente le scarpe da corsa, il tipo di

suolo su cui il soggetto si allena e le differenze atletiche individuali. Viitasalo et al.⁶ hanno studiato le relazioni tra la posizione del piede e questa particolare sintomatologia, inserendo nello studio i casi per cui non venivano rilevate fratture da stress. I risultati hanno rilevato significative differenze tra gli atleti con dolore anteriore della gamba e il gruppo di controllo rispetto alla mobilità dell'articolazione sottoastragalica che risultava ridotta sia in termini di inversione, che di eversione nel gruppo sperimentale. Essi confermano che l'eccessiva pronazione è il fattore eziologico maggiormente messo in relazione alle lesioni a carico del gruppo muscolare posteriore della gamba, ed il contatto anormale del tallone può portare a problemi nel compartimento anteriore. Una eccessiva pronazione metterebbe in iperstretching la muscolatura antero-mediale della gamba che, sottoposta a ripetute contrazioni eccentriche diventa ipersensibile con una facilità ad incorrere in fenomeni infiammatori.

Le forze di reazione del suolo

I parametri cinetici sono stati studiati con lo scopo di valutare gli effetti dell'altezza dell'arco plantare sulle forze di reazione del terreno nella corsa. Nachbauer e Niggli non hanno trovato relazioni tra l'altezza dell'arco plantare e le componenti di reazione del suolo nel momento dell'impatto del piede. I risultati sono stati spiegati considerando la sequenza degli eventi che avvengono nella primissima fase dell'appoggio del piede durante la corsa. È stato visto che i punti di applicazione della forza erano nel terzo posteriore della scarpa al momento del massimo picco di impatto verticale. La linea di azione della forza risultante suggerisce la trasmissione della forza attraverso il tallone, il calcagno e l'astragalo alla gamba. Tuttavia, la rigidità delle ossa del retropiede, opposta a quella del medio-ropiede, può non essere in relazione all'altezza dell'arco o a nessun'altra caratteristica strutturale dell'arco mediale nella fase di iniziale di approccio al suolo. Anche se differenti tipi di piede dovrebbero impartire carichi variabili sul corpo, è stato proposto che il meccanismo di controllo neuromuscolare del podista dovrebbe ri-aggiustare le reazioni del corpo, minimizzando così il carico. Questi meccanismi agiscono in modo che l'impatto esterno della forza, indipendentemente dalla quantità iniziale, venga portato ad un'ampiezza tollerabile. Questa spiegazione è stata utilizzata per spiegare le piccole modificazioni della forza di impatto verticale quando le scarpe da corsa con solette di

differenti durezze venivano comparate, enfatizzando il ruolo di aggiustamento del meccanismo neuromuscolare.

Le conclusioni dello studio di Nachbauer e Nigg, eseguito facendo una valutazione dell'arco plantare in fase dinamica utilizzando la ripresa video, riferiscono che non è così vero che la valutazione dell'arco plantare in statica eretta coincida con la valutazione dello stesso nella fase dinamica della corsa. Inoltre gli autori utilizzando un'apparecchiatura che permette di calcolare le reazioni del terreno all'impatto del piede hanno potuto stabilire che le forze di impatto sulle diverse porzioni di piede non subiscono sostanziali differenze né con un arco plantare basso né con un arco plantare alto.

Gli effetti dei plantari sulle lesioni da sovraccarico

Sebbene i plantari non garantiscano una cura definitiva per le lesioni da sovraccarico nella corsa, vengono prescritti frequentemente come prevenzione. Reperire evidenze scientifiche sugli effetti attuali dei plantari, sulla struttura e sulla funzione del piede è stato argomento centrale di molti studi. I plantari vengono frequentemente prescritti nella convinzione che correggano la disfunzione biomeccanica di determinate articolazioni dell'arto inferiore, ma in realtà gli studi sui plantari e sul movimento del retro piede non hanno mostrato importanti modificazioni di questo parametro.

Sebbene i meccanismi attraverso i quali i plantari sono talvolta efficaci non siano chiari, viene spesso riportata una significativa riduzione dei sintomi dell'arto inferiore.

In uno studio retrospettivo sull'efficacia degli inserti nelle scarpe su podisti di lunghe distanze, Gross et al. hanno distribuito 500 questionari con l'obiettivo di intervistare i podisti che hanno utilizzato, o utilizzavano al momento dello studio dei plantari con l'obiettivo di intervenire sui sintomi dell'arto inferiore, come l'eccessiva pronazione (31,1%), fasciti plantari (20,7%), tendinite dell'achilleo (18,5%), dismetria (13,5%), disturbi femororotulei (12,6%), problemi tibiali (7,2%), altri problemi (4,9%). Il 75,5% dei podisti che risposero ai questionari, riportò una completa risoluzione dei sintomi, indicando una discreta efficacia di questo tipo di soluzione. I principali risultati riguardavano la correzione di anomalie biomeccaniche, come una pronazione eccessiva o una dismetria. Gli autori rilevarono un alto grado di

soddisfazione determinato anche dal fatto che il 90% dei podisti continuava ad usare i plantari anche dopo il rilascio dei loro sintomi.

La soluzione dei plantari risulta essere secondo gli autori una buona alternativa ad altri trattamenti più costosi e meno accettabili di essi.⁷

In generale, per quanto concerne le lesioni da sovraccarico, è stato riportato un livello soddisfacente di rilascio dei sintomi dovuto all'uso dei plantari. A dispetto di questi risultati positivi, per altri atleti i plantari hanno mostrato un non significativo rilascio dei sintomi. Gross et al. riportarono che il 24,5% dei partecipanti agli studi miglioravano soltanto lievemente, o per nulla, ed il 13,5% riferirono addirittura un incremento della severità dei sintomi o sviluppo di nuovi disturbi durante il periodo dell'utilizzo dei plantari. Questo fu attribuito a dei plantari non adatti o ad una diagnosi scorretta. Inoltre è stato riportato che l'applicazione di plantari abbia uno scarso successo nel sollievo dai sintomi in pazienti con piede cavo.

Gli effetti dei plantari sulla biomeccanica degli arti inferiori

Nell'area di ricerca degli effetti della prescrizione dei plantari sulla biomeccanica del piede, molta attenzione è stata dedicata all'intervento sulla cinematica dell'arto inferiore. In particolare è stato studiato l'eccessivo movimento del retro piede. Per indurre una maggior pronazione sono state proposte le scarpe da corsa con solette morbide e superfici accomodanti.

È stato riportato che i plantari modificano determinate variabili della cinematica dell'arto inferiore durante la fase del cammino e della corsa. Queste metodiche sono state utilizzate per aumentare la pronazione in un piede chiuso avendo come riferimento un piede normale. In accordo con quelli di precedenti studi, Nigg e Molrock⁸ hanno riportato una riduzione nella massima pronazione nell'eversione calcaneare usando un plantare. L'uso dei plantari sembrava ridurre la massima velocità di pronazione, la frequenza di pronazione ed il movimento totale del retro piede.

Gli effetti dei plantari sulle forze di reazione del suolo

Il crescente numero di podisti e le conseguenti lesioni dovute alla corsa negli ultimi decenni hanno prodotto un alto interesse per lo studio degli effetti della costruzione delle soles delle scarpe sulla cinematica della corsa e sull'influenza di tali

caratteristiche sullo sviluppo di problematiche legate alla corsa. I fattori biomeccanici che sono stati associati allo sviluppo delle lesioni da corsa includono l'eccessiva pronazione ed una eccessiva rotazione tibiale. I plantari vengono spesso prescritti come correzione dell'allineamento dello scheletro durante la corsa. Gli effetti delle differenti suole, in particolar modo delle differenti geometrie delle suole sulla parte laterale del retro piede, sembrano avere la loro importanza rispetto alla pronazione e, di conseguenza, rispetto alle lesioni da corsa. Questi concetti sono stati analizzati da Stacoff et al.⁹ che, mediante dei sensori a livello osseo, hanno voluto quantificare gli effetti delle suole sull'eversione e la rotazione tibiale, comparando l'eversione misurata a livello osseo con quella determinata dai markers montati sulle scarpe. I risultati di tale studio mostrarono che le modificazioni delle suole non producevano i sistematici effetti aspettati rispetto alle variabili studiate. La rotazione tibiale rimaneva pressochè invariata ma si evidenziò una significativa correlazione tra le scarpe ed i pattern di movimento durante la corsa. In conclusione, gli effetti medi del tipo di suola erano piccoli (inferiori ad 1°) ma le differenze tra soggetti erano molte (oltre i 7°).

I markers sulle scarpe non mostrarono un sistematico effetto sull'eversione.

Nella valutazione degli effetti dei plantari sulle forze di reazione al suolo, la maggior parte dei ricercatori ha concentrato la propria attenzione sulla componente verticale (forza di impatto) della forza di reazione del suolo. Le modificazioni della forza di impatto con differenti superfici, materiali delle scarpe e design sono stati ampiamente studiati.

Nigg e Morlock hanno riportato che l'ampliamento postero-laterale della suola non altera le forze di impatto del piede al suolo e aumenta la pronazione nella primissima fase di appoggio del piede al suolo, seppur non avendo alcun ruolo nella pronazione totale del piede durante la corsa. Nelle conclusioni finali gli autori presumono che l'utilizzo di una suola arrotondata a livello del tallone riduca le lesioni legate alla corsa, seppure tale conclusione non sia ben in relazione con i risultati ottenuti, né con le tabelle esposte nell'articolo.

House et al.¹⁰ hanno studiato la capacità dei plantari di ridurre i picchi di pressione della corsa dopo un predeterminato grado di usura in militari che dovevano correre 100-130 km, utilizzando differenti tipi di plantari (4 nuovi e 4 usurati) e un gruppo di controllo senza plantari in sequenza randomizzata. I materiali scelti per i plantari utilizzati erano costituiti da una schiuma poliuretana, o da polimeri viscoelastici, o da

un assemblamento dei due. Per misurare i picchi pressori è stato utilizzato un sistema consistente in solette contenenti 24 sensori pressori montati in idrocellule, posizionati sotto l'intera pianta del piede. I risultati dimostrarono che sebbene le proprietà meccaniche dei materiali dei plantari possono essere modificate dall'usura, i plantari con maggiori capacità di assorbimento da nuovi continuavano ad avere tali caratteristiche anche dopo 130 Km. Rispetto ai materiali, non sembrerebbe che i plantari costituiti da polimeri viscoelastici potessero mantenere nel tempo una miglior capacità di assorbimento nell'impatto del tallone al suolo rispetto a quelli costituiti da schiuma poliuretana.

Nigg et al.¹¹ hanno valutato gli effetti di quattro differenti tipi di plantari sulla cinematica dell'arto inferiore, sulla correzione del centro di pressione e sulla riduzione dei momenti articolari al ginocchio e alla caviglia per verificare quanto i dati sul centro di pressione potessero predire gli effetti di queste ortesi sui momenti al ginocchio durante la corsa. I risultati dimostrarono che in realtà un gesto preprogrammato come la corsa, non è influenzabile dalle piccole modificazioni eseguite sui plantari, per cui l'obiettivo di allineare lo scheletro non può essere raggiunto attraverso interventi sui plantari sulla popolazione sana. Un altro dato importante riguardava la reazione del centro di pressione rispetto al plantare utilizzato. Ci si aspettava infatti che un inserto lateralizzato potesse shiftare il centro di pressione verso il lato mediale, ma da questo studio emerse che il 50% dei soggetti reagì come supposto, mentre la restante parte ebbe una risposta opposta. Anche gli effetti sui momenti al ginocchio e alla caviglia non dettero dati sistematici validi. Questi risultati dimostrano che la prescrizione di plantari ed ortesi non è così semplice e scontata e che dovrebbero essere sviluppati dei metodi di valutazione più validi per determinare tali effetti.

Lo studio di Jerosch et al. si propone di valutare l'influenza di una suola negativa sulla pressione sul compartimento tibiale anteriore. Si è visto essere molto frequente un'ischemia muscolare secondaria a livello del compartimento anteriore della tibia.¹² Possono essere distinte una forma acuta ed una cronica. La forma acuta avviene durante, o immediatamente dopo, un intenso stress e può portare addirittura a necrosi muscolare. In origine, questo tipo di ischemia si ritrovava in particolar modo in soggetti giovani dopo andature forzate, con la denominazione "cancrena da marcia". La forma acuta può portare a necrosi muscolare con sequele ultime simili a quelle osservate dopo sindromi traumatiche compartimentali. Il tipo cronico, tuttavia, molto

meno frequente, avviene bilateralmente nella maggior parte dei casi. Questa sindrome compartimentale da sovraccarico è un problema molto conosciuto tra i podisti e per chi cammina molto. La tipologia cronica normalmente non determina necrosi muscolare o sequele persistenti, ma può diminuire di molto le capacità atletiche del soggetto. La terapia conservativa attualmente consiste in terapia fisica non specifica. Se questi metodi falliscono, la fasciotomia rimane l'unica alternativa possibile. Le cause di questa sindrome sembrano dovute ad una aumentata pressione intracompartimentale durante la fase di approccio al terreno del tallone, causata dalla contrazione eccentrica del tibiale anteriore dopo l'iniziale contatto con il suolo. Per questo motivo Jerosh et al. effettuarono uno studio volto a valutare se una scarpa con una suola negativa potesse avere un effetto di anticipazione rispetto al contatto al suolo durante la fase del passo. I risultati dimostrarono che la pressione sul compartimento anteriore viene ridotta mediante l'utilizzo di queste calzature.

Nel processo tecnico di cattura e di elaborazione delle forze di taglio (componente orizzontale della forza di reazione al suolo) le misure non sono state sviluppate sufficientemente, non ci sono informazioni sufficienti circa le modificazioni che avvengono a causa delle forze di taglio mediante l'uso di differenti tipi di plantari.

Durante la corsa, il tallone trasmette alla colonna vertebrale l'onda dello shock attraverso l'impatto al suolo. Ogon et al.¹³ hanno analizzato quanto l'utilizzo delle scarpe influenzi questo passaggio di forze ed hanno valutato la risposta motoria dei muscoli della colonna vertebrale durante questa fase. Lo studio venne effettuato sia senza scarpe, sia con materiali soffici che duri. I risultati mostrarono che le scarpe riducono l'intervallo di tempo tra il momento esterno ed il momento interno nei muscoli della colonna durante la corsa. Sembra infatti che la riduzione di questo intervallo di tempo sia un fattore determinante rispetto al recupero dell'equilibrio tramite l'attivazione muscolare, necessario dopo la destabilizzazione dovuta allo shock.

I plantari ed il lavoro muscolare

La letteratura inerente i plantari valuta anche le risposte ematologiche e meccaniche durante la corsa in discesa indossando solette con differenti gradi di durezza. La corsa in discesa è caratterizzata da un importante lavoro negativo ed una maggiore necessità di assorbimento da parte degli arti inferiori rispetto alla corsa in piano a causa di un

aumentato shock conseguente all'impatto al suolo. Se protratta per un lungo tempo può causare risposte metaboliche ed ematologiche variazioni di frequenza cardiaca e di trasporto di ossigeno, rigidità muscolare, e danni enzimatici ai muscoli ed ai globuli rossi. Hardin et al.¹⁴ hanno effettuato dei test statistici sulle misure meccaniche ed ematologiche, nessuno dei quali ha rivelato differenze significative a causa della differente risposta individuale dei partecipanti allo studio. Le risposte ricavate erano quindi dovute maggiormente a variazioni individuali. Il picco tibiale di accelerazione era minore nei primi 5 minuti rispetto al resto della corsa per tutti i tipi di soletta. Comparando i partecipanti allo studio con gruppi studiati in altri esperimenti, ma di corsa in piano, si è evidenziato un maggior stress alle gambe, maggior rigidità muscolare, ed emolisi. Questi dati dovrebbero essere tenuti in considerazione durante gli allenamenti. Il limite di questo studio è che prende in considerazione soltanto gli effetti verticali, senza valutare gli effetti secondari ai movimenti di inversione/eversione. Le implicazioni, in questi ultimi casi, riguarderebbero problematiche ben diverse rispetto a quelle analizzate nello studio.

Le scarpe ed i plantari influenzano l'attività muscolare durante il cammino e la corsa. Un muscolo di particolare interesse in letteratura a questo proposito è il tibiale anteriore. Lo scopo dello studio di Nigg et al.¹⁵ era quello di individuare i pattern elettromiografici (EMG di superficie) del tibiale anteriore durante la corsa. Gli autori hanno studiato in special modo le modificazioni rispetto al tempo, all'intensità e alla frequenza prima e dopo l'impatto del tallone al suolo. I risultati indicarono che la modifica delle caratteristiche delle scarpe non influenza la sequenza della fase precedente all'appoggio. Nella fase successiva all'appoggio invece le scarpe influenzano molto l'attività elettromiografica. L'intensità e la frequenza dell'attività muscolare del tibiale anteriore nella fase precedente all'appoggio è significativamente maggiore rispetto alla fase posteriore.

Alcuni studi si sono occupati dell'influenza delle scarpe da corsa sulla richiesta di ossigeno durante la locomozione. Morgan et al.¹⁶ valutarono se la richiesta di ossigeno nella corsa potesse essere ridotta indossando un prototipo di scarpa che permettesse di immagazzinare grazie alla sua struttura elastica dell'energia, da rilasciare poi passivamente durante il gesto sportivo, proprio sulla base del funzionamento del tendine d'Achille e della fascia plantare. I dati forniti dallo studio suggerirono che le scarpe disegnate per l'immagazzinamento di energia fosse un meccanismo che avvantaggia il gesto della corsa, in special modo, della corsa veloce.

La riduzione della richiesta submassimale di ossigeno, anche se lieve, può, nonostante ciò, avere un vantaggio pratico per l'atleta.

Lo scopo dello studio¹⁷ era di determinare le differenze nel consumo di ossigeno nella corsa e nell'attività EMG in determinati gruppi muscolari dell'arto inferiore (quadricipite, ischiocrurali e tricipite surale) utilizzando scarpe con differenti caratteristiche meccaniche, e di valutare se le differenze osservate potessero essere associate alle modificazioni dell'attività muscolare. I materiali utilizzati erano un materiale prevalentemente elastico per una tipologia di scarpa ed un materiale viscoelastico per l'altra. Per la valutazione elettromiografica sono stati utilizzati elettrodi di superficie bipolari sul tibiale anteriore, sul gastrocnemio mediale, sul vasto mediale e sugli ischiocrurali. I risultati dello studio dimostrarono che le modificazioni dei materiali delle scarpe da corsa erano più che altro associate a modificazioni soggettive per quanto riguarda il consumo di ossigeno, sia per quanto riguarda l'attivazione muscolare prima dell'impatto al suolo.

Clinical trials

Autori	Titolo	Anno	Obiettivo	Risultati
Nigg BM, Stergiou P, Cole G, Stefanyshyn D, Mndermann A, Humble N..	Effect of shoe insert on kinematics, center of pressure, and leg joint moments during running	2003	valutare gli effetti di quattro differenti tipi di plantari sulla cinematica dell'arto inferiore, sulla correzione del centro di pressione e sulla riduzione dei momenti articolari di ginocchio e caviglia	Nessun effetto
Stacoff A, Reinschmidt C, Nigg BM, Van Den Bogert AJ, Lundberg A.	Effects of shoe sole construction on skeletal motion during running	2001	quantificare gli effetti delle soles sull'eversione e la rotazione tibiale	Nessun effetto
House CM, Waterworth C, Allsopp AJ, Dixon SJ.	The influence of simulated wear upon the ability of insoles to reduce peak pressures during running when wearing military boots	2002	studiato la capacità dei plantari di ridurre i picchi di pressione	sebbene le proprietà meccaniche dei materiali dei plantari possono essere modificate dall'usura, i plantari con maggiori capacità di assorbimento da nuovi continuavano ad avere tali caratteristiche anche dopo 130 Km
Jerosch J, Castro WH, Halm H, Bork H.	Influence of the running shoe sole on the pressure in the anterior tibial compartment	1995	valutare l'influenza di una suola negativa sulla pressione del compartimento tibiale anteriore	la pressione sul compartimento anteriore viene ridotta mediante l'utilizzo di queste calzature
Hardin EC, Hamill J	The influence of midsole cushioning on mechanical and hamatological responses during a prolonged downhill run	2002	studiare le risposte ematologiche e meccaniche durante la corsa in discesa indossando solette con differenti gradi di durezza	maggior stress alle gambe, maggior rigidità muscolare, ed emolisi
Ogon M, Aleksiev AR, Spratt KF, Pope MH, Saltzman CL	Footwear affects the behavior of low back muscles when jogging	2001	Analizzare quanto l'utilizzo delle scarpe influenzi questo passaggio di forze trasmesse alla colonna vertebrale dall'onda dello shock dell'impatto al suolo	le scarpe riducono l'intervallo di tempo tra il momento esterno ed il momento interno nei muscoli della colonna durante la corsa
Von Tscharnar V, Goepfert B, Nigg BM.	Changes in EMG signals for the muscle tibialis anterior while running barefoot or with shoes resolved by non-linearly scaled wavelets	2003	individuare i pattern elettromiografici del tibiale anteriore durante la corsa	Le caratteristiche delle scarpe non influenzava il tempo della fase precedente all'appoggio. Nella fase successiva all'appoggio invece le scarpe influenzavano molto l'attività elettromiografica
Morgan DW, Miller TA, Mitchell VA, Craib MW	Aerobic demands of running shoes designed to exploit energy storage and return	1996	valutare se la richiesta di ossigeno nella corsa potesse essere ridotta indossando un prototipo di scarpa	La riduzione della richiesta submassimale di ossigeno, anche se lieve, può avere un vantaggio pratico per la dell'atleta.
Nigg BM, Stefanyshyn DM, Cole GM, Stergiou PM, Miller J	The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activation and energy aspects during running	2003	quantificare le differenze nel consumo di ossigeno e nell'attività EMG in determinati gruppi muscolari dell'arto inferiore utilizzando scarpe con differenti caratteristiche meccaniche	Riscontro principale di modificazioni soggettive per quanto riguarda il consumo di ossigeno, sia per quanto riguarda l'attivazione muscolare
Viiataslao JT, Kvist M.	Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints	1983	relazioni tra la posizione del piede e il dolore anteriore,	Una eccessiva pronazione metterebbe in iperstretching la muscolatura antero-mediale della gamba che, sottoposta a ripetute contrazioni eccentriche diventa ipersensibile con una facilità a fenomeni infiammatori

Studi prospettici

Autori	Titolo	Anno	Obiettivo	Risultati
Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR.	The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries.	1999	individuare una associazione tra la struttura del piede e lo sviluppo di lesioni da sovraccarico in atleti sottoposti ad un allenamento ad alta intensità	Esiste una relazione tra la struttura del piede e il rischio di lesioni da sovraccarico
Cowan D, Jones B, Robinson J.	Medial longitudinal arch height and risk of training-associated injury	1989	Relazione tra l'altezza dell'arco plantare e le lesioni da sovraccarico	arco plantare basso: fattore protettivo rispetto alle lesioni; arco plantare alto: maggior rischio di lesioni
Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP.	Injuries in runners: a prospective study of alignment.	1998	Relazione tra l'allineamento dell'arto inferiore e le lesioni da sovraccarico nella corsa	Nessuna relazione

Studi retrospettivi

Autori	Titolo	Anno	Obiettivo	Risultati
Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP.	Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners.	1997	Relazione tra l'allineamento dell'arto inferiore e le lesioni da sovraccarico nella corsa	Nessuna relazione

Questionari

Autori	Titolo	Anno	Obiettivo	Risultati
Gross ML, Davlin LB, Evanski PM	Effectiveness of orthotic shoe inserto in the long-distance runner	1991	Distribuzione di 500 questionari per valutare i benefici dei plantari rispetto a problematiche dell'arto inferiore, quali eccesso di pronazione, dismetria, sindrome femororotulea, fascite plantare.	Il 75,5% dei podisti intervistati riportarono una completa risoluzione dei sintomi o un gran miglioramento

Discussione

Con riferimento ai due modelli di valutazione considerati nell'introduzione del presente lavoro, ossia il concetto della funzione legata alla morfologia del piede ed il concetto del ruolo dell'allineamento degli arti inferiori sulle lesioni da sovraccarico, la critica che si può muovere è il tentativo di prevedere la funzione dinamica del piede considerando misure statiche. Recenti dati hanno infatti seriamente messo in discussione:

- l'affidabilità delle misurazioni cliniche;
- i criteri di definizione di un piede "normale";
- la validità dell'utilizzo di misure statiche per individuare il comportamento dinamico funzionale del piede.

Molti sono i ricercatori che hanno provato a valutare l'effetto della tipologia del piede sullo sviluppo di lesioni durante l'attività sportiva, ma, data la complessità dell'argomento, bisogna non dimenticare di considerare anche altri fattori che possono avere un ruolo importante nell'eziologia delle lesioni da sport, oltre le anomalie biomeccaniche.

Un quadro di analisi più completo, individua innanzitutto due tipi di fattori: i fattori intrinseci, come la conformazione ossea, le precedenti lesioni e gli anni di esperienza nella corsa; i fattori estrinseci, quali le tecniche di allenamento inappropriate, scarpe non adatte, terreno inadeguato. Il ruolo di questi fattori, che possiamo considerare "fattori di confondimento" in quanto frequentemente dimenticati negli studi che hanno lo scopo di valutare le relazioni tra la tipologia di piede e l'eventualità di una lesione lasciano più spazio al concetto di natura multifattoriale delle lesioni della corsa, ben lontano dalle conclusioni inerenti l'eziologia dei fattori che contribuiscono allo sviluppo di una particolare lesione.

Per quanto riguarda invece il trattamento dei sintomi legati alla corsa tramite i plantari, ciò che occorre tenere in considerazione è che esistono determinate problematiche che non necessitano di un particolare trattamento, ma sono soggette a guarigione spontanea. In ogni caso, le lesioni che in particolare derivano da anomalie biomeccaniche identificabili possono certamente beneficiare dell'intervento ortesico. In tale contesto risulta evidente l'importanza di una corretta valutazione e di una appropriata prescrizione dei plantari.

Il termine 'plantare' copre un largo spettro di ortesi applicate esternamente, che vanno da semplici supporti per l'arco a splint dinamici fatti su misura per caviglia e piede. L'obiettivo di una prescrizione ortesica é variabile, e dipende dal suo utilizzo specifico. Tuttavia, le ortesi dinamiche vengono normalmente prescritte con l'obiettivo di modificare la funzione, con l'aspettativa che possano stimolare il piede attraverso la fase di carico durante il cammino ed ottenere così una migliore efficienza biomeccanica. Il loro utilizzo è tuttavia qualcosa di empirico e frequentemente basato su assunti e carenti valutazioni cliniche.

Sebbene nella pratica clinica sia comune l'utilizzo dei markers cutanei sul corpo per rappresentare i differenti segmenti durante l'analisi del movimento, la validità della dimostrazione del movimento di ogni segmento scheletrico tramite il posizionamento di marker sulla pelle é stato sempre un punto interrogativo tra clinici e ricercatori. I così chiamati 'artefatti da movimento' introducono errori come risultato del relativo movimento tra la cute e l'osso sottostante. La comune pratica sperimentale di segnare sulla superficie della scarpa per rappresentare i reperi anatomici del piede durante la Gait analysis può indurre ad ulteriori errori ed alla difficoltà di paragonare i risultati di uno studio con quelli di un altro.

Più recentemente i nuovi concetti di 'minimizzare l'attività muscolare' sono stati proposti per spiegare l'effetto dell'applicazione di plantari ed ortesi nelle attività sportive. Il segnale é pensato come processato nel sistema nervoso centrale per produrre una risposta dinamica basata sulle condizioni specifiche del partecipante. Il concetto su cui si basa tale teoria é che lo scheletro abbia una modalità preferita per ogni gesto richiesto. Ogni intervento che supporti e faciliti questo gesto, incluse le modificazioni sulle scarpe e l'applicazione di plantari, ridurrà l'attività muscolare e sarà confortevole. Stabilizzare le articolazioni e minimizzare le vibrazioni dei tessuti sono due importanti strategie con cui l'attività muscolare può essere minimizzata. Per supportare questi concetti sono necessari ulteriori lavori sperimentali.

Conclusioni

La comparazione degli studi sull'utilizzo dei plantari non è così facile: se alcuni studi dimostrano un effetto positivo rispetto a delle variabili biomeccaniche, altri concludono riportando nessun effetto o modificazioni irrilevanti. Tale discrepanza può essere dovuta a diversi fattori, quali la variabilità anatomica tra i soggetti rispetto alla struttura del piede, le differenze tra i materiali utilizzati e tra le modalità di fabbricazione dei plantari, le differenze nelle condizioni in cui sono state testate le ortesi, ed i fattori di confondimento non considerati, uno dei quali è un certo grado di effetto placebo che l'applicazione dei plantari può avere. L'eziologia delle lesioni della corsa è sicuramente multifattoriale. Una terminologia confusa ed inconsistente rende molto difficile confrontare ed interpretare la letteratura.

Esiste un piccolo consenso sull'effetto specifico dei plantari sulle variabili cinematiche. Differenze nei risultati possono essere attribuite a diversi tipi di plantari, al materiale usato, ai metodi di misurazione. Inoltre, l'interazione tra piede e plantare può essere più sottile di quanto si pensi, con una variabilità individuale che non può essere quantificata utilizzando tecniche attuali.

Il beneficio, spesso effettivo, dell'utilizzo di ortesi nella presa in carico di atleti con lesioni derivanti dalla corsa, riportata in alcuni studi clinici, necessita di ulteriore supporto rispetto alla convinzione che una posizione anomala del piede durante la fase di contatto al suolo nella corsa possa influenzare la funzione dell'arto inferiore.

In letteratura non ci sono risposte complete a questi quesiti; ci sono piccoli consensi sulla relazione tra la tipologia di piede e le lesioni e sull'efficacia dell'intervento con ortesi nella prevenzione o nel trattamento delle problematiche legate alla corsa. C'è una carenza di studi ben condotti su questi argomenti. In specifico, esiste un fattore di confondimento, il cui ruolo è cruciale, ma che viene nascosto o non spiegato in molti studi.

La multifattorialità del problema rimanda dunque all'importanza di una accurata diagnosi prima della prescrizione di un plantare, ed alla necessità di ulteriori studi prospettici.

Bibliografia

- ¹ Nachbauer W, Nigg BM. Effects of arch height of the foot on ground reaction forces in running. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(11):1264-9
- ² Cowan D, Jones B, Robinson J. Medial longitudinal arch height and risk of training-associated injury (abstract). *Med Sci Sports Exerc* 1989 Jun;21 Suppl.:S60
- ³ Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med.* 1999 Vol 27(5):585-93
- ⁴ Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP. Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(10):1291-8
- ⁵ Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP. Injuries in runners: a prospective study of alignment. *Cl J Sports Med* 1998;8(3):187-94
- ⁶ Viitaslao JT, Kvist M. Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints. *Am J Sport Med* 1983;11:125-30
- ⁷ Gross ML, Lance BD, E vanski PM. Effectiveness of orthotic shoe inserto in the long-distance runner. *Am J Sport Med.* 1991 Vol 19,(4):409-12
- ⁸ Nigg BM, Morlock M. The influence of lateral heel flare of running shoes on pronation and impact forces. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;(3):294-302
- ⁹ Stacoff A, Reinschmidt C, Nigg BM, Van Den Bogert AJ, Lundberg A. Effects of shoe sole construction on skeletal motion during running. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Feb;33(2):311-9
- ¹⁰ House CM, Waterworth C, Allsopp AJ, Dixon SJ. The influence of simulated wear upon the ability of insoles to reduce peak pressures durino running when wearing military boots. *Gait Posture.* 2002 Dec;16(3):297-303
- ¹¹ Nigg BM, Stergiou P, Cole G, Stefanyshyn D, Mndermann A, Humble N. Effect of shoe insert on kinematics, center of pressure, and leg joint moments during running. *Med Sci Sports Exercise.* 2003 Feb;(2):314-9.
- ¹² Jerosch J, Castro WH, Halm H, Bork H. Influence of the running shoe sole on the pressure in the anterior tibial compartment. *Acta Orthop Belg.* 1995;61(3):190-8
- ¹³ Ogon M, Aleksiev AR, Spratt KF, Pope MH, Saltzman CL. Footwear affects the behavior of low back muscles when jogging. *Int J Sports Med.* 2001 Aug;22(6):414-9
- ¹⁴ Hardin EC, Hamill J. The influence of midsole cushioing on mechanical and hamatological responses during a prolonged downhill run. *Res Q Exerc Sport.* 2002 Jun;73(2):125-33
- ¹⁵ Von Tscharnar V, Goepfert B, Nigg BM. Changes in EMG signals for the muscle tibialis anterior while running barefoot or with shoes resolved by non-linearly scaled wavelets. *J Biomech.* 2003 Aug;36(8):1169-76
- ¹⁶ Morgan DW, Miller TA, Mitchell VA, Craib MW. Aerobic demani of running shoes designed to exploit energy storage and return. *Res Q Exerc Sport.* 1996 Mar;67(1):102-5
- ¹⁷ Nigg BM, Stefanyshyn DM, Cole GM Stergiou PM Miller J. The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activation and energy aspects during running. *J Biomech.* 2003 Apr;36(4):569-75