

# Sommario

Abstract.....	Pag 2
Introduzione.....	Pag 3
Materiali e Metodi.....	Pag 9
Risultati.....	Pag 10
Discussione.....	Pag 17
Infortuni nel barefoot running versus shod running.....	Pag17
Barefoot running versus shod running: punto di vista biomeccanico.....	Pag 22
Performance del barefoot running versus shod running.....	Pag25
Conclusione.....	Pag 29
Key Points.....	Pag30
Bibliografia.....	Pag31

# Abstract

**Introduzione:** l'incidenza e la prevalenza delle patologie articolari e delle patologie muscolari in soggetti che praticano barefoot running è di recente analisi e valutazione. Si considera essenziale confrontare tali dati con simili riferiti a runner con calzature normali. Lo scopo di questa Tesi è verificare in letteratura quali siano a oggi le prove scientifiche degli effetti delle diverse calzature sull'efficienza, relativamente al risparmio energetico, alla riduzione delle patologie ed effetti sulla performance, di una tipologia di calzatura/corsa rispetto all'altra.

**Materiali e metodi:** è stata effettuata una ricerca bibliografica utilizzando il motore di ricerca PubMed data base di citazioni biomediche del US National Library of Medicine e nelle bibliografie degli articoli rilevanti. Sono stati presi in considerazione solo gli studi in lingua inglese ed effettuati su esseri umani.

**Key Words:** Barefoot Running OR shod Running OR Shod injury

**Risultati:** La revisione della letteratura ha evidenziato l'assenza di vantaggi della corsa a piedi nudi rispetto alla corsa con altre calzature, sia per quanto riguarda la riduzione degli infortuni che per il miglioramento della performance.

**Conclusioni:** Sarebbe auspicabile una ricerca prospettica quantitativamente e qualitativamente valida, sia su corridori a piedi nudi esperti che su corridori con calzature normali, disposti alla transizione alla corsa a piedi nudi, interponendo un periodo di uso delle calzature minimaliste tipo VibramFiveFingers.

# Introduzione

Il running si è evoluto nel corso della storia a partire da una forma necessaria di locomozione a un esercizio atletico e ricreativo. Durante questa transizione, i nostri antenati, dapprima generalmente a piedi nudi, hanno sviluppato l'uso delle calzature. Entro la fine degli anni 70, la popolarità del running è salita, e i produttori di calzature hanno sviluppato scarpe adeguate al running. Nonostante la ricerca tecnologica che ha portato allo sviluppo di nuove calzature e la consulenza di esperti, i corridori presentano un alto numero di infortuni, che non accenna a diminuire. Recentemente, la corsa minimalista, caratterizzata da un contatto con l'avampiede morbido e da passi più brevi e rapidi, è diventata sempre più popolare all'interno della comunità del running. Studi di biomeccanica hanno suggerito che queste caratteristiche di stile di corsa, e l'utilizzo di calzature "barefoot" potrebbero portare ad una riduzione del tasso di infortunio.

L'inizio della fine per l'era a piedi nudi si è verificato più di 30.000 anni fa, quando è l'uso di calzature protettive è diventato abituale come mezzo per proteggere da lesioni acute, quali contatto del piede su un sasso appuntito o la cocente sabbia calda. I primi campioni conservati di queste scarpe, simili a sandali di pelle sottile, risalgono ad almeno 8300 anni fa. Le calzature si sono evolute a un ruolo protettivo e hanno guadagnato il rispetto culturale come uno status symbol. Nonostante le modifiche iniziali al design delle scarpe classiche, la scarpa da corsa invece è rimasta trascurata dai produttori di scarpe fino a solo quattro decenni fa. Una serie di eventi, tra cui: il libro del Dr. Kenneth Cooper nel 1968, sull'aerobica, che ha sostenuto il running come una forma di esercizio per raggiungere velocemente alti livelli di fitness; la vittoria dell'americano Frank Shorter nella maratona ai Giochi Olimpici di Monaco di Baviera del 1972, e il best-seller di Jim Fixx del 1977 dal titolo "Il Libro Completo sul Running", una guida completa di avvio al running per corridori dilettanti, ha scatenato il boom del running nel 1970. Questa passione è sbocciata in una massa di corridori di fondo che include tra 3 e 6 milioni di americani annualmente. Durante la corsa inizialmente i modelli di scarpe erano poco più che scarpe da tennis standard, calzature, come la Nike, hanno iniziato modellando le

scarpe da running con imbottiture, soles modificate, per aumentare confort e diminuire gli stress fisici di impatto ripetitivo. L'ultima moda nelle scarpe da running è stato lo sviluppo di specifiche scarpe da corsa, con ortesi per sostenere gli archi plantari e le diverse forme di piede dei corridori. Sono state proposte tre tipi di calzature: le scarpe di controllo del movimento per archi plantari ridotti; scarpe con supporto per archi plantari alti, e la scarpe di stabilità per archi plantari normali. Mentre queste differenze hanno guadagnato popolarità all'interno della comunità del running come un mezzo per combattere gli infortuni, in realtà ci sono dati limitati per confermare che tali differenti strutture in base al tipo di arco plantare o alla forma dei piedi possano ridurre i tassi di infortuni.

La popolarità del running è molto elevata, ed l'incidenza di infortuni, per esempio in rapporto alle circa 500.000 persone negli Stati Uniti hanno completato una maratona nel 2.009, era compresa tra il 19% e il 79% .

La corsa a piedi nudi sta lentamente guadagnando un buon seguito nei paesi sviluppati in tutto il mondo. I sostenitori della corsa a piedi nudi affermano che le ultime generazioni di scarpe da running siano sempre più vincolanti, e che abbiano creato un'atrofia della muscolatura del piede per un ridotto uso, in particolare dei muscoli che si utilizzerebbero maggiormente correndo a piedi scalzi, ad esempio, la muscolatura plantare intrinseca. Una delle principali ragioni per l'interesse recente alla corsa a piedi nudi è l'assenza di una riduzione dell'incidenza delle lesioni correlate alla corsa, nonostante i progressi tecnologici delle calzature con ammortizzazione e controllo del movimento. Nel 1982 uno dei primi studi sull'incidenza degli infortuni nei corridori eseguita da Koplán et al <sup>18</sup>, ha mostrato un valore del 35%. In uno studio di Jacobs e Berson <sup>15</sup> nel 1986, il 47% degli intervistati aveva dichiarato di aver subito una lesione nel corso degli ultimi due anni, mentre in altri due grandi studi del 1989 <sup>24-39</sup>, si è riscontrata un'incidenza di circa il 50%. Una eccellente revisione della letteratura epidemiologica di Van Mechelen <sup>37</sup> del 1992 ha evidenziato un tasso di infortuni compreso tra il 37% ed il 56%. Uno studio prospettico di 6 mesi <sup>23</sup>, del 2004 ha rilevato che il 79% dei corridori ha subito una lesione agli arti inferiori tale da causare una riduzione di chilometraggio o un'interruzione della corsa. Nel 2006, McKean et al. <sup>26</sup> hanno osservato un tasso di infortuni del 46%, mentre altri due dei più recenti studi <sup>38-32</sup> hanno trovato un'incidenza compresa tra il 54,8% e il 59%. Nonostante la mancata riduzione

dell'incidenza di infortuni, i medici continuano prescrivere maggiore ammortizzazione e controllo tramite le scarpe, anche se non ci sono prove a sostegno dell'efficacia delle scarpe da corsa di alta qualità nel prevenire lesioni. Infatti, Clinghan et al.<sup>3</sup> hanno indagato questo aspetto, hanno acquistato tre paia di scarpe da running da tre diversi produttori, in tre diversi livelli di prezzo: basso, medio e alto. Con un campione di 43 donne e 9 uomini che hanno corso su un tapis roulant, sono state valutate la pressione plantare mediante il sistema di misurazione Pedar e il comfort con la scala analogica visiva mm 100. Gli autori hanno concluso che le scarpe di basso e medio costo in ciascuna delle tre marche testate hanno fornito la stessa ammortizzazione plantare delle scarpe ad alto costo. Per il comfort hanno valutato la sua natura soggettiva sulla base di preferenze individuali e l'assenza di correlazione con la distribuzione della pressione plantare e costo delle calzature. Un importante fautore della corsa a piedi nudi è lo scrittore Christopher McDougall. Le sue passate pubblicazioni ed il recente libro<sup>25</sup>, *Born to Run: A Hidden Tribe, Superathletes* ne sono l'emblema. In questo ultimo testo McDougall afferma di non aver mai visto lamentarsi di infortuni ai piedi i Tarahumara Indiani del Messico, che abitualmente percorrono distanze da ultra maratona senza scarpe o con rivestimenti semplici. Secondo quanto riferito dall'autore i membri di questa tribù non hanno mai avuto nessuna delle lesioni tipiche della corsa presenti nella società moderna. Egli associa le lesioni che i corridori subiscono con l'uso delle scarpe, sostenendo che, nonostante tutti gli aspetti tecnologici e progressi negli ultimi 40 anni, le lesioni determinate dalla corsa non sono diminuite. Il pensiero di Robbins e McDougall era in contrasto con l'idea che i piedi sono fragili e hanno bisogno di protezione. Essi credevano che l'uomo è stato progettato per camminare a piedi nudi e che la funzione biomeccanica è più efficiente quando si è scalzi. Questo concetto unito al fatto che sono scarsi gli infortuni segnalati in questi leggendari corridori scalzi, ha fatto sì che diversi ricercatori abbiano iniziato ad esplorare le ragioni della bassa incidenza degli infortuni e dei presunti benefici della corsa a piedi nudi. Ken Bob Saxton, considerato il "padrino non ufficiale" della corsa a piedi nudi, fece la sua prima corsa ufficiale a piedi nudi nel 1997. Anche se non esiste una stima affidabile del numero di corridori a piedi nudi, i sostenitori del movimento sostengono che migliaia di persone corrono così, alcuni per diverse miglia a settimana. Un esempio di corridore d'élite con altissime prestazioni è Abebe Bikila che divenne il primo africano nero a

vincere una medaglia olimpica quando vinse l'oro nella maratona ai Giochi Olimpici del 1960. Aveva percorso l'intera distanza a piedi nudi (nello stesso modo in cui si era allenato).

Negli ultimi anni, sono stati effettuati diversi studi di biomeccanica, che hanno indagato i vantaggi biomeccanici della corsa a piedi nudi. Durante l'atterraggio con avampiede e / o mesopiede rispetto al retro piede, i corridori minimalisti sono in grado di disperdere le forze d'impatto in modo più efficiente rispetto ai corridori con calzature normali <sup>25</sup>. Inoltre, anche su superfici dure, i corridori a piedi nudi generano minori forze di impatto rispetto allo standard di individui che indossano altre calzature <sup>20</sup>. La capacità dei corridori minimalisti di assorbire gli urti in modo più efficiente dei corridori con normali calzature è stata ipotizzata come il risultato di adattamenti, di informazioni dei meccanocettori plantari che "sentono il terreno"; il feedback somatosensoriale potrebbe invece essere diminuito nei corridori con normali calzature <sup>4</sup>. Plantari e ortesi possono interferire ulteriormente con la deflessione verso il basso dell'arco mediale al momento del caricamento, alterando il meccanismo innato di protezione.

In una recente revisione di Goss et al. <sup>11</sup>, sulla meccanica e tendenze di infortunio nei vari stili di corsa, si sono esaminati stili alternativi di corsa con un footstrike più anteriore come la corsa a piedi nudi. Una diminuzione o eliminazione della verticale iniziale del picco di forza di reazione a terra o "impatto transitorio" è stata citata come un potenziale metodo per ridurre le lesioni alle articolazioni del ginocchio o le lesioni in altre aree anatomiche dell'arto inferiore. Un impatto più anteriore del piede durante la fase di contatto, tuttavia, può aumentare il lavoro meccanico della caviglia e lo stress in allungamento dei flessori plantari. Indossare calzature minimaliste può inoltre aumentare la pressione di contatto sulle ossa metatarsali. Gli autori concludono che questa teoria richiede ulteriori indagini per dimostrare il proprio ruolo nella prevenzione degli infortuni e per assicurare che i corridori che adottano un modello di impatto del piede più anteriore non aumentino il rischio per il piede e per le lesioni alla caviglia.

L'autore Lieberman nella sua revisione <sup>21</sup> su cosa si può imparare sul running dal barefoot running con una prospettiva evolucionistica medica, ha segnalato quanto poco si conosca su qualcosa di così basilare e fondamentale come la corsa a piedi nudi. Dovrebbe essere evidente che sia necessario rispondere a una vasta gamma di

domande su cosa accade durante la corsa a piedi nudi e sul legame fra corsa a piedi nudi e infortuni. Tuttavia, possiamo già affermare che dovremmo avere meno paura del funzionamento naturale del corpo umano. La tendenza verso la corsa senza scarpe ha anche fornito un'utile occasione per mettere in discussione le ipotesi comuni sui vantaggi relativi e sui rischi della corsa con scarpe o senza scarpe. Non c'è niente di anormale, bizzarro, innaturale nella corsa a piedi nudi, ma è chiaro che togliersi le scarpe per correre non è la panacea. Gli esseri umani non solo si sono evoluti nel correre in generale, ma anche nel correre a piedi nudi. È un ragionevole presupposto che i nostri corpi recano le tracce di milioni di anni di selezione naturale e che gli adattamenti siano stati mirati a diminuire il rischio di lesioni nel corridore. Purtroppo, mancano i dati sui tassi di infortunio del 20° secolo, prima che la scarpa moderna fosse creata, per non parlare del Paleolitico. Tuttavia, negli ultimi decenni, l'incidenza di infortuni è rimasta piuttosto elevata, nonostante notevoli investimenti in scarpe e plantari. Le lesioni nella corsa hanno cause multifattoriali, e nessun singolo fattore, come ad esempio il design delle scarpe, sarà responsabile della gran parte delle lesioni. In realtà, numerosi studi recenti <sup>11</sup> hanno dimostrato che il controllo neuromuscolare che fornisce la scarpa durante la corsa non ha alcun effetto sulla riduzione del tasso di infortuni. L'elevato tasso di infortuni durante la corsa, suggerisce che molti sforzi attuati per ridurre le lesioni esclusivamente modificando i modelli delle scarpe sono inutili. L'autore conclude che i corridori con calzature normali con tasso di infortuni più basso abbiano una forma di stile più vicina a quella della corsa a piedi nudi. Allo stesso modo, pensa che il tasso di infortunio sia più elevato tra i corridori a piedi nudi che non hanno sufficiente forza a livello del polpaccio e della muscolatura del piede, forse per il tempo insufficiente ad adeguarsi alla corsa a piedi nudi o per non aver modificato lo stile di corsa, correndo ancora come se indossassero calzature normali, quindi con passi lunghi e frequenza bassa. L'intuizione più utile che si può ricavare dalla corsa a piedi nudi è come il corpo si è adattato durante la corsa: i corridori abituali a piedi nudi ottengono un maggiore feedback propriocettivo, spesso accorciando i loro passi e aumentando la frequenza del passo, evitando i picchi di RFS e l'impatto sulle superfici dure, sviluppando una forte muscolatura del piede.

Gli oppositori della corsa a piedi nudi sostengono che lo stile minimalista può modificare il tipo, ma non l'incidenza delle lesioni. Aumentando le forze di impatto

sul collo del piede e sulla parte anteriore del piede, i corridori minimalisti possono essere sottoposti ad un aumento del tasso di infortuni nell'avampiede e nella parte mediana ed a lesioni cutanee plantari rispetto ai corridori con altre calzature. Casi di fratture da stress delle ossa metatarsali a piedi nudi sono già stati segnalati <sup>10-35</sup>. L'elaborato feedback sensoriale sulla parte plantare del piede, che è in grado di supportare notevoli carichi abrasivi, dovrebbe ridurre al minimo qualsiasi rischio di perforazione cutanea o dolore ad esso associato. Sono state sviluppate delle calzature essenziali da barefoot come strumento per aiutare i corridori nella transizione con successo da corsa calzata a corsa piedi nudi. Le vere scarpe da corsa minimaliste devono essere leggere e altamente flessibili, con uno spazio ampio per le dita, con imbottitura ridotta, e minimo supporto artificiale, come gli scomparti in gel d'aria. Tutte queste caratteristiche permettono a chi indossa una scarpa da corsa minimalista, di correre come a piedi nudi, evitando punture, ferite, gravi alterazioni della temperatura superficiale, infezioni, e altri danni imputabili alla corsa a piedi nudi. Questa modifica delle calzature, associata ad un cambiamento dello stile di corsa, potenzialmente potrebbe ridurre il tasso di infortunio, un obiettivo che le moderne scarpe da corsa non hanno ancora raggiunto.

L'obiettivo di questa tesi è verificare in letteratura due aspetti basilari: se l'utilizzo delle scarpe da barefoot riduce gli infortuni nella corsa rispetto all'utilizzo delle scarpe normali; se l'utilizzo delle scarpe da barefoot migliora la performance e il dispendio energetico nella corsa rispetto all'utilizzo delle scarpe normali.

Tale obiettivo si perseguirà revisionando la letteratura in merito al barefoot running e allo shod running, con una attenta analisi della presenza, tipologia e incidenza di lesioni, della performance e del consumo energetico.

# Materiali e Metodi

## Strategia di ricerca

È stata effettuata una ricerca bibliografica utilizzando il motore di ricerca PubMed (database di citazioni biomediche del US National Library of Medicine) e nelle bibliografie degli articoli rilevanti.

Le parole chiave utilizzate sono state: Barefoot Running, Shod Running, Shod Injury. Non sono stati applicati limiti temporali alla ricerca. La ricerca è stata limitata ai soli record provvisti di abstract in lingua inglese e su esseri umani.

## Selezione degli studi

Il titolo di ogni studio è stato revisionato per valutarne pertinenza per lo scopo di questo elaborato. Gli abstract di ogni studio potenzialmente pertinente sono stati ulteriormente revisionati prima di ottenere la copia full text dell'articolo per la seconda revisione.

Dopo aver individuato gli articoli finali, sono stati ricercati anche articoli correlati di maggior pertinenza.

Sono stati inclusi gli articoli che descrivono aspetti di biomeccanica, performance, consumo energetico, tipologia e incidenza di lesioni muscolari e articolari nelle scarpe da barefoot rispetto alle calzature normali.

Sono stati esclusi articoli che non erano in linea con gli obiettivi della tesi.

## Risultati

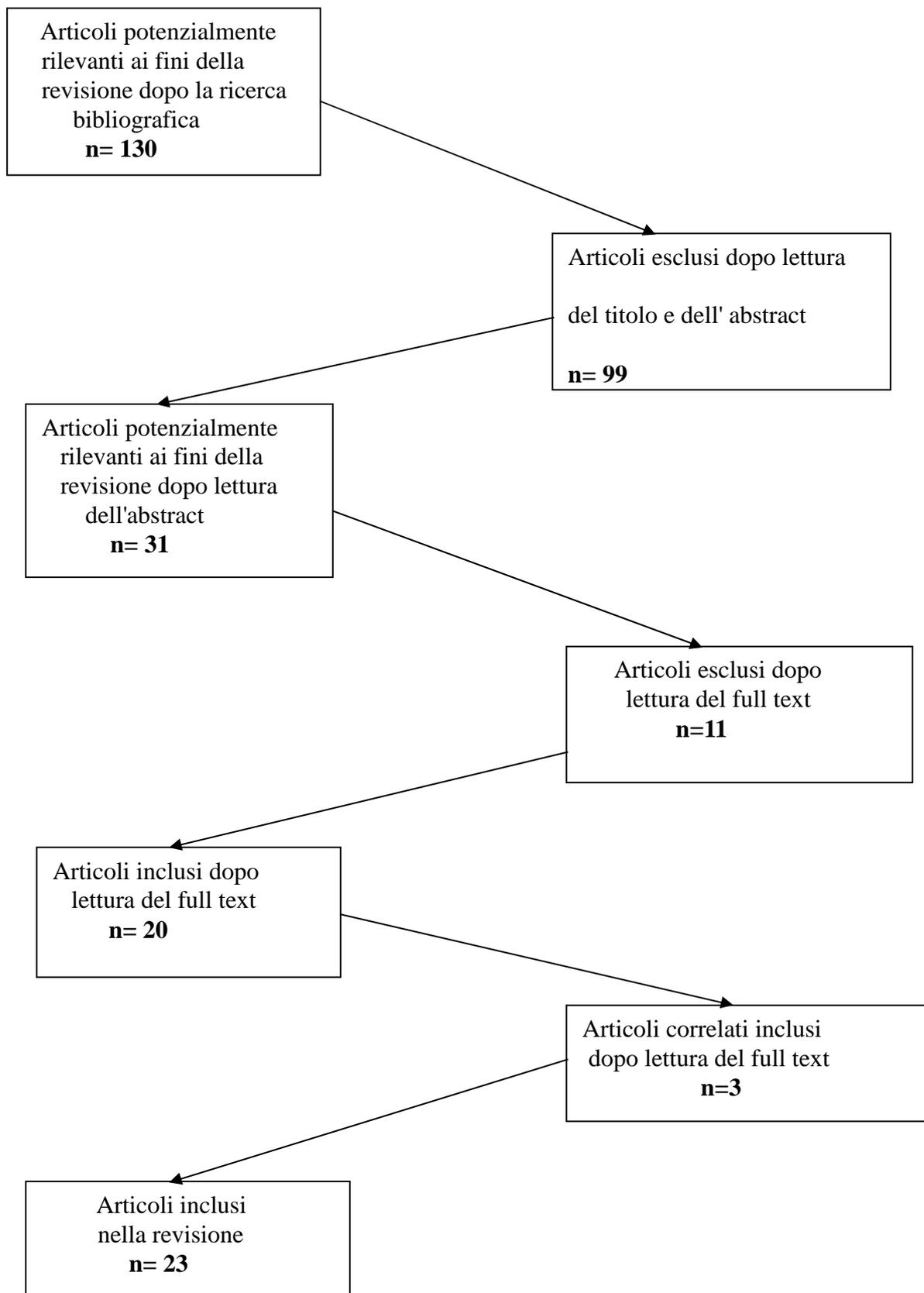
La ricerca bibliografica ha individuato 130 articoli, di cui 99 esclusi dopo lettura del titolo e dell'abstract perché non pertinenti ai criteri di inclusione.

Dei restanti 31 articoli è stato ottenuto il full text e 20 hanno soddisfatto i criteri di inclusione.

Sono stati inseriti 3 articoli non presenti nella ricerca bibliografica, ma presenti come articoli correlati, di buona rilevanza per l'obiettivo della Tesi.

Il tutto rappresentato con un diagramma di flusso nella Figura 1.

**FIGURA 1: Diagramma di flusso del processo di screening della letteratura**



## TABELLA 1

Autore e tipo di studio	Materiali e Metodi	Principali risultati
Giuliani et al. , 2011  Case Report	<u>Obiettivo</u>  Analisi delle fratture da stress associate alla transizione da corsa con calzatura normale a corsa minimalista, in due casi di corridori esperti.	Entrambi i corridori hanno sviluppato durante la transizione, una frattura del secondo osso metatarsale. Secondo gli autori la transizione senza una specifica rieducazione al diverso tipo di corsa può essere la causa delle fratture.
Goss et al. , 2012  Studio retrospettivo, sondaggio epidemiologico descrittivo	<u>Obiettivo</u>  Esaminare le prove riguardanti la biomeccanica e l'incidenza di lesioni nei diversi stili di corsa.	Un contatto anteriore del piede, nella corsa a piedi nudi, durante la fase iniziale di impatto con il terreno può diminuire o eliminare l'impatto transitorio. Indossare calzature minimaliste può aumentare la pressione di contatto sulle ossa metatarsali.
Jenkins et al. , 2011  Revisione Narrativa	<u>Obiettivo</u>  Revisione della letteratura di studi sul barefoot running in merito all'incidenza di infortuni e al miglioramento delle prestazioni rispetto alla corsa calzata.	Non ci sono studi che confermano la migliore prestazione e riduzione di lesioni della corsa a piedi nudi. Molti degli svantaggi riferiti sulla corsa a piedi nudi non sono supportati dalla letteratura. Pare che la corsa a piedi nudi possa essere un buon metodo di allenamento per gli atleti.
Nagel et al. , 2008  Comunicazione breve	<u>Obiettivo</u>  Valutare gli effetti di una gara di lunga distanza, come la maratona, sulla pressione plantare.	Presente una differenza significativa di carico sul piede prima e dopo la gara. Nel post gara il picco di pressione è più alto nell'avampiede e ridotto sotto le dita dei piedi.

<p>Ridge et al. , 2013</p> <p>Studio Prospettico</p>	<p><u>Obiettivo</u></p> <p>Misurazione dell'edema del midollo osseo in dieci settimane di transizione alla corsa minimalista.</p>	<p>Nel gruppo di corridori minimalisti 10 soggetti su 19 hanno presentato un edema del midollo osseo.</p> <p>Nel gruppo controllo di coloro che hanno corso con calzature normali si è presentato solo 1 caso su 17 individui di edema del midollo osseo.</p>
<p>Rixe et al. , 2012</p> <p>Revisione Narrativa</p>	<p><u>Obiettivo</u></p> <p>Revisione della letteratura su studi che esaminano la cronologia di esecuzione e sviluppo della scarpa moderna da corsa delineando le insidie durante la corsa con calzatura moderna . Discutendo dei vantaggi e rischi della corsa minimalista.</p>	<p>Nessuno studio clinico ha dimostrato la superiorità della corsa minimalista nel ridurre le lesioni rispetto alla corsa con calzature normali.</p> <p>Se un corridore decide di fare una transizione alla corsa minimalista lo dovrebbe fare con cautela per evitare di incorrere in lesioni acute.</p> <p>L'impatto della corsa minimalista sul tasso di infortuni richiede una ricerca più approfondita, basata su risultati concreti.</p>
<p>Salzler et al. , 2012</p> <p>Studio retrospettivo</p>	<p><u>Obiettivo</u></p> <p>Valutare la presenza di lesioni in dieci corridori durante un anno di transizione dalla corsa con calzatura normale alla corsa minimalista.</p>	<p>Le lesioni riportate dai dieci corridori erano: otto fratture da stress delle ossa metatarsali, una frattura da stress del calcagno e una lesione della fascia plantare.</p> <p>Il maggior numero di lesioni si è verificato da 1 a 3 mesi dall'inizio della transizione.</p>
<p>Squadrone et al. , 2009</p> <p>Articolo Originale</p>	<p><u>Obiettivo</u></p> <p>Comparare in otto corridori sani, la corsa a piedi nudi con la corsa con calzatura normale e corsa minimalista in merito alla parte biomeccanica e fisiologica.</p>	<p>Nella corsa a piedi nudi rispetto alla corsa calzata normale c'è la fase di carico in maggiore planti flessione della caviglia. La lunghezza del passo è più breve e la frequenza più alta.</p> <p>Le calzature minimaliste simulano la cinematica del passo della corsa a piedi nudi, garantendo una minima protezione.</p>

## TABELLA 2

Autore e tipo di studio	Materiali e Metodi	Principali risultati
Divert et al. , 2008  Studio Prospettico	<u>Obiettivo</u> Distinguere gli effetti della massa e del tipo di calzatura sulla meccanica e l'energetica della corsa con calzatura.	Ulteriori studi sono necessari per migliorare l'analisi di questi effetti ad una velocità maggiore e più vicina alla velocità media di gara.
Franz et al. , 2012  Studio Prospettico	<u>Obiettivo</u> Valutare il costo metabolico della corsa a piedi nudi rispetto alla corsa con calzatura normale.	La corsa a piedi nudi non offre alcun vantaggio metabolico rispetto alla corsa con calzatura normale.
Hanson et al. , 2011  Studio Prospettico	<u>Obiettivo</u> Valutare il consumo di ossigeno, nei corridori minimalisti rispetto ai corridori con calzatura normale, sul tapis roulant al chiuso e su pista.	Alla velocità raggiunta al 70% del VO <sub>2</sub> max con calzature normali, la corsa a piedi nudi richiede un consumo di ossigeno significativamente inferiore rispetto alla corsa con calzature e quindi un risparmio energetico.
Kram et al. , 2012  Lettera all'editore	<u>Obiettivo</u> Trattare il quesito se correre a piedi nudi sia più economico del correre con le calzature normali.	La corsa a piedi nudi non è più economica della corsa con calzatura normale, coerente con la maggior parte delle ricerche precedenti.
Perl et al. , 2012  Studio Prospettico	<u>Obiettivo</u> Valutare il costo della corsa in termini di consumo di ossigeno, confrontando la corsa con calzature minimaliste rispetto alle calzature normali con tacchi imbottiti e supporti dell'arco plantare e con contatto dell'avampiede rispetto alle andature con contatto del retro piede.	La corsa con calzature minimaliste è modestamente, ma significativamente più economica della corsa con calzatura normale. La velocità dello studio era troppo bassa e gli stessi autori hanno sottolineato la necessità di ulteriori studi per verificare la loro ipotesi.

## TABELLA 3

Autori	Titolo	Rivista/Anno
Altman AR, Davis IS.	Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries.	Current sports Medicine Reports. 2012
Eskofier BM, Kraus M, Worobets JT, Stefanyshyn DJ, Nigg BM.	Pattern classification of kinematic and kinetic running data to distinguish gender, shod/barefoot and injury groups with feature ranking.	Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2012
Eslami M, Begon M, Farahpour N, Allard P.	Forefoot-rearfoot coupling patterns and tibial internal rotation during stance phase of barefoot versus shod running.	Clinical Biomechanics. 2007
Goss DL, Gross MT.	A review of mechanics and injury trends among various running styles.	US Army Medical Department. 2012
Jungers WL.	Biomechanics: barefoot running stikes back.	Nature. 2010
Lieberman DE.	What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective.	Excercise and Sport Science Reviews. 2012
Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daould Al, D'Andrea S, Davis IS, Mang'Eni RO, Pitsiladis Y.	Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners.	Nature. 2010
Lohman EB 3 <sup>rd</sup> , Balan Sackiriyas KS, Swen	A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics, and minimally supported	Physical Therapy in Sport. 2011

RW.	running as compared to walking.	
McNair PJ, Marshall RN.	Kinematic and kinetic parameters associated with running in different shoes	British Journal of Sports Medicine. 1994
Yeow CH, Lee PV, Goh JC.	Shod landing provides enhanced energy dissipation at the knee joint relative to barefoot landing from different heights.	The Knee. 2011

## Discussione

Alla luce della importante diffusione del barefoot running e del dibattito presente tra allenatori, corridori, ricercatori, sulla maggiore efficacia nella performance e nella riduzione degli infortuni del barefoot running rispetto allo shod running è importante condurre un'analisi della letteratura in merito.

Di seguito la revisione della letteratura in merito al barefoot running, di articoli che si occupano di incidenza e tipologia di infortuni nel barefoot rispetto allo shod running, ma anche delle diverse performance nel barefoot rispetto allo shod running.

### **Infortuni nel barefoot running versus shod running**

Dalla revisione della letteratura in merito agli infortuni sono stati selezionati otto articoli, inseriti nella Tabella 1, che hanno affrontato lo stesso argomento, il tasso di infortuni.

Gli studi a favore del barefoot running sono due, si tratta del lavoro degli autori Goss et al.<sup>12</sup>, Squadrone et al.<sup>36</sup>. Gli studi che invece concludono che il barefoot running non sia utile per ridurre gli infortuni sono sei, i lavori di: Salzler et al.<sup>35</sup>, Rixe et al.<sup>33</sup>, Giuliani et al.<sup>10</sup>, Jenkins et al.<sup>16</sup>, Nagel et al.<sup>28</sup>, Ridge et al.<sup>31</sup>.

Gli autori Goss et al.<sup>12</sup> nella loro indagine retrospettiva, con sondaggio anonimo somministrato sull'incidenza degli infortuni, in un periodo di tempo compreso tra Settembre 2010 e Dicembre 2011, hanno indagato inizialmente 2509 podisti. Dopo le esclusioni per dati incompleti, recenti cambiamenti nel modello di corsa e nella selezione delle calzature ne sono rimasti 904 per l'elaborazione dei dati finali. E' risultato che i corridori con calzature tradizionali avevano un numero di infortuni 3,41 volte maggiore rispetto ai corridori minimalisti esperti (46,7% scarpa tradizionale vs 13,7% minimalista). I corridori con scarpe minimaliste hanno riferito un minor numero di infortuni a livello dell'anca, ginocchio, gamba, caviglia e piede rispetto ai corridori con scarpe tradizionali.

In riferimento alla corsa barefoot, Squadrone et al.<sup>36</sup>, nel loro articolo hanno esaminato otto corridori sani, tutti con lunga esperienza di corsa a piedi nudi, tre dei quali avevano già completato una maratona a piedi nudi. Comparando la corsa a piedi nudi con la corsa con calzatura normale e la corsa con le VibramFive Fingers, su un tapis roulant, analizzando vari

aspetti come la distribuzione della pressione sul terreno, la cinematica sul piano sagittale, il secondo obiettivo è stato quello di valutare se una speciale scarpa leggera VibramFiveFingers fosse efficace nel simulare l'esperienza della corsa a piedi nudi. Hanno concluso che era presente una riduzione della forza di impatto e un cambiamento della cinematica della falcata e che le calzature VibramFiveFingers generano una cinematica della falcata pressoché uguale a quella della corsa a piedi nudi, fornendo allo stesso tempo una piccola protezione.

Gli studi che non sostengono la tesi che il barefoot riduca le lesioni nel running, trovano il punto più alto nello studio prospettico di Ridge et al.<sup>31</sup>, in questo lavoro gli autori hanno puntato la loro attenzione sulla presenza di edema del midollo osseo nei piedi dei corridori che avevano effettuato la transizione da calzature normali a scarpe VibramFiveFingers. La transizione era graduale e della durata di 10 settimane, il campione era di 36 corridori esperti, sottoposti a risonanza magnetica prima dell'inizio della transizione e subito dopo la fine. I corridori sono stati suddivisi in maniera randomizzata, in un gruppo controllo di 17 podisti che hanno corso con le calzature normali e un gruppo di 19 corridori che hanno utilizzato le Vibram FiveFinger. I risultati hanno visto presenza di edema del midollo osseo in ben 10 soggetti su 19, in riferimento a coloro che hanno fatto la transizione a VFF, prevalentemente nelle donne, mentre nel gruppo controllo c'è stato solo un caso di edema del midollo osseo. Gli autori hanno concluso che per ridurre al minimo il rischio di lesioni da stress dell'osso, i corridori che intendono passare alle Vibram FiveFinger si servano di un periodo di transizione maggiore di dieci settimane e che percorrano un numero di km a settimana inferiore ai 12 km, che i corridori di questo studio arrivavano a percorrere alla fine del periodo di transizione.

In una revisione della letteratura del 2012 in merito al barefoot running e alla possibilità che le calzature minimaliste possano ridurre gli infortuni gli autori Rixe et al.<sup>33</sup>, hanno indagato la cronologia di esecuzione della moderna scarpa da corsa, delineando le insidie della corsa con calzatura moderna e discutendo dei vantaggi e dei rischi della corsa minimalista. Hanno concluso che nessun studio clinico ha dimostrato la superiorità del barefoot running nel ridurre le lesioni, sottolineando che se si sceglie una transizione verso uno stile minimalista i corridori dovrebbero procedere con cautela per evitare lesioni acute, in accordo con quanto espresso da Ridge et al.<sup>33</sup>, nel loro studio prospettico. Considerando il fatto che alcuni corridori praticano il barefoot running anche nelle maratone per cui percorrendo distanze superiori a quelle del corridore medio, si ritiene interessante valutare il lavoro di Nagel et al.<sup>28</sup>. Gli autori hanno indagato gli effetti della corsa a piedi nudi su lunga distanza, sulla pressione plantare e le caratteristiche di carico del piede, prima e dopo una gara di maratona, allo scopo di verificare se tale attività potesse

aumentare le pressioni plantari sotto le teste metatarsali. Nello studio sono stati coinvolti 200 maratoneti durante la maratona di Munster del 2004, con misurazione della pressione plantare su una piattaforma capacitiva. I risultati hanno rivelato una differenza significativa nelle caratteristiche di carico del piede prima e dopo la maratona. Nel post gara il picco di pressione era più alto nell'avampiede e ridotto sotto le dita dei piedi. Secondo gli autori il trasferimento del carico probabilmente è dovuto ad un affaticamento muscolare, dopo la lunga corsa, nei muscoli flessori del piede. Una potenziale conseguenza è la riduzione della stabilità e della funzione di controllo dei muscoli affaticati del piede. La diminuzione del coinvolgimento delle dita nella fase di push-off è associata ad un aumento della dorsiflessione delle articolazioni metatarso-falangee che porterebbe un aumento della pressione sotto le teste metatarsali, con conseguente sovraccarico delle ossa metatarsali che può generare fratture da stress di tali ossa. In particolare il secondo e il terzo osso metatarsale sono vulnerabili per la discrepanza tra la forza delle ossa e la pressione plantare indotta. La perdita del controllo muscolare attivo per le dita durante la fase di push-off porta una diminuzione della funzione di ammortizzazione del piede, potenziale responsabile di fratture da stress delle ossa metatarsali.

In riferimento alle fratture da stress metatarsali è interessante considerare lo studio retrospettivo di Salzler et al.<sup>35</sup>, sulle lesioni osservate nei corridori durante la transizione, durata un anno, da corsa con calzatura normale a corsa con calzatura minimalista. Sono stati quindi analizzati dieci corridori, otto dei quali avevano riportato fratture da stress delle ossa metatarsali, e altri due avevano subito, una frattura del calcagno e una lesione della fascia plantare. È importante segnalare che otto lesioni su dieci siano comparse tra il primo e il terzo mese di transizione, in linea con le considerazioni di Ridge et al.<sup>31</sup>, sul fatto che sarebbe preferibile che la transizione durasse ben oltre 10 settimane e con un carico di corsa graduale. Per le fratture delle ossa metatarsali, quattro riguardavano il secondo osso, tre il terzo osso e solo una il quarto osso, in accordo con le considerazioni di Nagel et al.<sup>28</sup> sulla maggiore vulnerabilità del secondo e terzo osso metatarsale.

Sulle fratture da stress delle ossa metatarsali è stato pubblicato un case report di Giuliani et al.<sup>10</sup> relativamente a due corridori esperti che hanno utilizzato calzature minimaliste per la transizione, riportando entrambi la frattura da stress del secondo osso metatarsale. È significativo il fatto che le lesioni si siano verificate in corridori esperti, maschi e senza fattori di rischio per danni da stress dell'osso. Gli autori pensano che il passaggio da una calzatura normale a una calzatura minimalista senza una specifica rieducazione al gesto atletico possa aver contribuito a generare le fratture.

In una revisione della letteratura sul barefoot running in merito ai dubbi e controversie su questa tipologia di corsa, Jenkins et al.<sup>16</sup>, hanno dedotto che nonostante diversi studi sostengono il vantaggio della corsa a piedi nudi, per la ridotta forza di reazione al suolo al momento dell'impatto e per il migliore feedback sensoriale e propiocezione, non vi sono prove che queste differenze riducano le lesioni rispetto alla corsa con calzatura normale. La loro opinione è che coloro che sono nella posizione migliore per valutare l'opportunità e l'utilità della corsa a piedi nudi sono gli allenatori e gli stessi corridori. In effetti, molti allenatori a livelli più competitivi incorporano la corsa a piedi nudi come parte integrante, ma non esclusiva, del regime di allenamento generale.

La corsa a piedi nudi non ha un numero di infortuni inferiore rispetto alla corsa con calzatura normale. Gli studi prospettici di Ridge et al.<sup>31</sup>, hanno infatti evidenziato in 10 settimane di transizione da calzatura normale, alle VibramFiveFingers, su 19 corridori esaminati con l'ausilio della risonanza magnetica, la presenza di lesioni con edema del midollo osseo nei piedi in 10 soggetti. Parliamo di oltre il 50% dei soggetti, una percentuale molto alta e significativa. Di parere contrario c'è solo lo studio di Goss et al.<sup>12</sup>, dal quale risultava che i corridori con calzature tradizionali avevano un numero di infortuni 3,41 volte maggiore rispetto ai corridori minimalisti esperti, studio di basso valore poiché si tratta di uno studio retrospettivo, di una tipologia quindi non adeguata ad indagare la relazione tra causa ed effetto. Lo studio infatti prende in considerazione solo i corridori minimalisti esperti, ma non può tenere conto di eventuali corridori che hanno tentato di passare alle calzature minimaliste, ma a causa di infortuni o altri problemi, hanno smesso di correre oppure hanno ripreso ad utilizzare delle calzature normali. Gli autori hanno segnalato che sarebbe preferibile per chi intende passare dalla corsa normale alla corsa minimalista, farlo con una transizione maggiore di 10 settimane, probabilmente sarebbe indicato un periodo maggiore di 3 mesi alla luce di quanto dedotto dallo studio retrospettivo di Salzler et al.<sup>35</sup>. L'autore ha infatti osservato che in dieci corridori con una fase di transizione di un anno per passare da calzatura normale a corsa minimalista, si sono verificate 8 delle 10 fratture nei primi tre mesi di transizione. Il passaggio è quindi da eseguire gestendo in maniera opportuna la quantità di chilometri da percorrere settimanalmente rispetto a quanti se ne percorrevano con le calzature normali, in maniera consentire alla muscolatura della gamba e del piede e alle strutture ossee di rispondere in maniera adeguata a stimoli diversi sia per l'aspetto della cinematica e cinematica del passo a piedi nudi rispetto a quello calzato, che per quello del sovraccarico delle ossa metatarsali come indicato da Nagel et al.<sup>28</sup>. Gli autori nel loro studio sulla pressione plantare e distribuzione del carico nel piede, pre e post gara, in 200 atleti che hanno percorso una

maratona a piedi nudi, avevano concluso che nel post gara era presente un aumento della pressione sotto le teste metatarsali con conseguente sovraccarico, potenziale causa di frattura da stress. In particolare il secondo e il terzo osso metatarsale sono più vulnerabili per la discrepanza tra la resistenza delle ossa e la pressione plantare indotta. Il sovraccarico può generare nelle strutture ossee del piede, prevalentemente le ossa metatarsali, un edema del midollo osseo di gravità progressiva sino ad un eventuale frattura da stress. In riferimento a tutto questo sarebbe utile, per chi si rapporta con i corridori che intendono passare da calzature normali a calzature minimaliste, segnalare che tendenzialmente la corsa minimalista determina un cambiamento dello stile di corsa, con impatto che passa dal retro piede all'avampiede, mettendoli in guardia sui sintomi di danni da stress dell'osso.

# **Barefoot running versus shod running: punto di vista biomeccanico**

Dalla revisione della letteratura in merito alle principali differenze dal punto di vista biomeccanico fra il barefoot running e lo shod running sono stati selezionati otto articoli, inseriti nella Tabella 3.

Nella revisione di Altman et al. <sup>1</sup>, sulla corsa calzata e sulla corsa a piedi nudi/minimalista e sulle loro implicazioni per le lesioni nella corsa, gli autori hanno osservato che ci sono differenze biomeccaniche legate all'impatto con il suolo tra chi indossa calzature normali e chi corre a piedi nudi, si riduce l'impatto transitorio, aumenta l'input sensoriale a piedi nudi e ciò si traduce in una maggiore stabilità statica e dinamica. Segnalano inoltre che a piedi nudi aumenta la forza della muscolatura del piede e della caviglia.

Per quanto riguarda la fase di appoggio della corsa, sia a piedi nudi che con calzatura normale, valutando anche l'aspetto dell'attenuazione degli urti, possiamo considerare tre interessanti studi di Yeow et al. <sup>40</sup>, Eslami et al. <sup>8</sup>, e Lieberman et al. <sup>20</sup>. In riferimento alla dissipazione dell'energia rispetto al ginocchio nell'atterraggio da diverse altezze, con calzature normali rispetto a piedi nudi, Yeow et al. <sup>40</sup>, hanno indagato in dodici atleti maschi sani le differenze biomeccaniche e di cinematica, cinetica del ginocchio. La rilevanza clinica del loro lavoro è relativa all'atterraggio su superfici dure, da varie altezze, che dovrebbe essere effettuato in condizione calzata in modo da consentire un migliore assorbimento degli urti da parte della muscolatura, tramite l'aumento della flessione e la riduzione della rigidità del ginocchio, rispetto a ciò che accade nella condizione a piedi nudi. Questo effetto può a sua volta ridurre la quantità di energia meccanica assorbita passivamente dalle strutture anatomiche e quindi ridurre il rischio di contrarre lesioni nelle estremità inferiori, come fratture da stress, nei corridori con calzature normali rispetto ai corridori a piedi nudi. I limiti di questo studio sono dovuti al fatto che l'atterraggio di ogni atleta era diverso, senza quindi una standardizzazione del gesto e che il campione di atleti era formato solo da soggetti di sesso maschile.

Sempre in merito alla fase di appoggio Eslami et al. <sup>8</sup>, nel loro studio sui diversi modelli di movimento di avampiede e retropiede e sulla rotazione interna della tibia durante la fase di appoggio della corsa a piedi nudi rispetto alla corsa con calzatura normale, hanno preso in considerazione sedici soggetti di sesso maschile. Nessuna differenza significativa è stata notata

nell'escursione della rotazione interna della tibia tra la condizione calzata e la condizione a piedi nudi. Gli autori hanno concluso che variazioni significative nei modelli di accoppiamento dei movimenti di adduzione-abduzione dell'avampiede e di eversione-inversione del retro piede potrebbero avere poco effetto sulla quantità di escursione di rotazione tibiale interna. Lieberman et al.<sup>20</sup> hanno indagato i modelli di appoggio del piede e le forze di impatto nei corridori abitualmente a piedi nudi rispetto ai corridori calzati, confrontando la cinematica e la fase di appoggio nella corsa di resistenza. Il lavoro è stato svolto su cinque gruppi di controllo, divisi per età e uso abituale di calzature. Hanno concluso che sono necessari studi prospettici controllati per verificare l'ipotesi che le persone che non hanno un appoggio al suolo con la parte posteriore del piede sia a piedi nudi che con calzature normali, abbiano un tasso di infortuni ridotto.

In merito alla cinematica e alla cinetica della corsa, Eskofier et al.<sup>7</sup>, hanno sviluppato uno studio prospettico distinguendo il sesso, con calzature-piedi nudi e gruppi di corridori che hanno sviluppato infortuni. Come infortunio è stato definito un qualsiasi sintomo muscolo-scheletrico nell'arto inferiore che ha richiesto una riduzione o interruzione del normale allenamento. Inizialmente sono stati reclutati 153 corridori, 71 donne e 82 uomini, effettuate misure antropometriche e biomeccaniche. Durante i successivi sei mesi, sono state registrate tutte le lesioni ed è stato compilato un diario della corsa. Solo 80 corridori, 40 donne e 40 uomini, sono stati selezionati definitivamente per fare parte dello studio. La PFPS, come lesione specifica è stata selezionata per questo progetto perché è stata la più frequente lesione verificatasi durante lo studio prospettico e anche perché si tratta di un infortunio molto comune tra i corridori, Sei corridori hanno sviluppato PFPS durante i sei mesi, la deviazione standard del momento medio di abduzione dell'anca di questi corridori è di 90 Nm, rispetto a 40 Nm che è il dato ricavato dal gruppo controllo asintomatico. La conclusione è stata che il momento medio di abduzione dell'anca può essere un indicatore importante collegato allo sviluppo di PFPS nei corridori. McNair et al.<sup>27</sup>, hanno fatto un altro studio valutando gli stessi parametri di Eskofier et al.<sup>7</sup>, ma con un campione di dieci soggetti, inserendo come variabili l'accelerazione massima, il tempo di picco di accelerazione e l'energia cinematica assorbita dalla scarpa. Sono stati utilizzati quattro tipi di calzature con diversi design della suola e materiali di imbottitura per la riduzione della forza di impatto al terreno. Hanno corso tutti su un tapis roulant alla velocità di 3,5 m/s. Gli autori hanno concluso che ad oggi ci sono poche differenze tra le diverse tipologie di scarpe in merito all'attenuazione degli urti durante la corsa a bassa velocità. Lohman et al.<sup>22</sup>, nel loro articolo trattano il confronto dei parametri spazio-temporali, cinematica, biomeccanica tra calzature normali, piedi nudi e calzature minimali, nella corsa rispetto al camminare. Lo scopo è

individuare le somiglianze e le differenze tra i corridori con calzature normali e gli altri. La più grande differenza tra corridori a piedi nudi e corridori con calzature normali è nella fase di contatto iniziale. Il corridore a piedi nudi e minimalista inizia con un contatto con la parte mediana dell'avampiede al posto della parte posteriore del piede come avviene nei corridori con calzatura normale. Gli autori concludono che ad oggi non c'è nessuna prova scientifica che collega direttamente le scarpe da corsa alle lesioni, nè tanto meno che le calzature minimaliste o la corsa a piedi nudi prevengano le lesioni o migliorino le prestazioni durante la corsa.

Jungers <sup>17</sup>, nel suo studio ha effettuato una valutazione della corsa a piedi nudi con contatto al suolo del retropiede, con analisi sulla cinematica e cinetica della corsa a piedi nudi e della corsa con calzatura normale. I risultati dello studio mostrano che i corridori africani esperti a piedi nudi in Africa molto spesso presentano la fase di atterraggio sull'avampiede o sulla parte laterale, per ridurre i ripetitivi e dolorosi impatti sul tallone tipici della corsa classica. Il centro di pressione del piede di conseguenza è più anteriore appena si verifica il contatto, poi si sposta indietro per un breve tempo, prima di passare nuovamente avanti per la fase di toeing-off. L'autore conclude che è necessario uno studio biomedico con approccio evidence-based per valutare quale sia la migliore calzatura per il piede di un corridore.

In merito all'aspetto biomeccanico in chi corre a piedi nudi rispetto a chi corre con calzature normali, nell'impatto con il suolo pare si riduca l'impatto transitorio, aumenti l'input sensoriale e la forza della muscolatura del piede e della caviglia come dedotto nella revisione di Altman et al. <sup>1</sup>. La più grande differenza tra corridori a piedi nudi e corridori con calzature normali è nella modalità di contatto iniziale con il terreno, i corridori minimalisti e a piedi nudi impattano con la parte mediana dell'avampiede, mentre i corridori con calzature normali con la parte posteriore del piede, come indicato da Lohman et al. <sup>22</sup>, nel loro articolo. Conclusioni simili sono state ricavate da Jungers et al. <sup>17</sup>, nel loro studio sulla valutazione della corsa a piedi nudi e corsa con calzatura normale sui corridori esperti, a piedi nudi, africani, che pare presentino la fase di atterraggio sull'avampiede come forma di protezione dai ripetitivi e dolorosi impatti sul tallone tipici della corsa con calzatura normale. Per quanto riguarda l'attenuazione degli impatti nell'atterraggio su superfici dure risulta da preferirsi la condizione con calzatura normale rispetto alla condizione a piedi nudi, per via del migliore assorbimento da parte della muscolatura come indicato nel lavoro di Yeow et al, <sup>40</sup>. Sarebbe interessante se effettuasse uno studio con approccio evidence-based, come indicato da Jungers et al. <sup>17</sup>, per individuare quale sia la migliore calzatura per il piede di un corridore.

# Performance del barefoot running versus shod running

Gli autori Kram et al.<sup>19</sup> nel loro lavoro hanno trattato il quesito se correre a piedi nudi sia più economico del correre con le calzature normali. Secondo un recente studio di Hanson et al.<sup>14</sup> il running con calzatura normale richiede un maggiore consumo di ossigeno rispetto alla corsa a piedi nudi, pari a circa il 2,0% in più di ossigeno, nella corsa su un tapis roulant. Kram<sup>19</sup> e coll. mettono in dubbio la validità dello studio in quanto pensano che Hanson et al.<sup>14</sup> abbiano calibrato il sistema di analisi durante la corsa con calzatura normale e poi abbiano utilizzato la stessa calibrazione per la valutazione durante la corsa a piedi nudi. In tal caso, un errore sistematico della velocità di marcia sarebbe stato introdotto in questo studio. Specificamente, sul tapis roulant la velocità di corsa a piedi nudi sarebbe stata più lenta rispetto alla corsa con calzatura normale. Si può riscontrare un errore sistematico perché la velocità di corsa a piedi nudi rispetto a quella calzata risulta normale, per un problema di taratura. Con i soli dati validi legati tapis roulant, Hanson et al.<sup>14</sup> avrebbero concluso che la corsa a piedi nudi non è più economica della corsa con calzatura normale, coerente con la maggior parte delle ricerche precedenti.

Gli autori Hanson et al.<sup>14</sup> hanno verificato il consumo di ossigeno nei corridori minimalisti rispetto ai corridori con calzatura normale. Lo scopo del loro lavoro è stato di indagare il consumo di ossigeno sul tapis roulant al chiuso e su pista, sia con calzatura normale che minimalista. Un campione di 10 corridori, 5 uomini e 5 donne, sani e volontari. Hanno corso nelle 4 condizioni sperimentali: corsa a piedi nudi sul tapis roulant, corsa con calzature sul tapis roulant, corsa a piedi nudi su pista, corsa con calzature su pista. Per ogni condizione hanno corso per 6 minuti al 70% del  $VO_2$  max. Gli autori concludono che alla velocità raggiunta al 70% del  $VO_2$  max con calzature normali, la corsa a piedi nudi richiede un consumo di ossigeno significativamente inferiore rispetto alla corsa con calzature e quindi un risparmio energetico. Una differenza dell'1% sul tapis roulant è sufficiente a equiparare il consumo di ossigeno a pari velocità rispetto alla corsa su pista considerando la maggiore resistenza dell'aria che si incontra in pista. Infine, l'effetto delle calzature, calzatura normale o minimalista, sul consumo di ossigeno è indipendente dalla superficie sulla quale si corre, tapis roulant o pista.

Gli autori Divert et al.<sup>5</sup> hanno verificato se le differenze tra corsa a piedi nudi e corsa con calzature normali, siano legate alla tipologia di calzature o all'effetto della massa delle stesse.

Partendo dal pensiero diffuso che il consumo di ossigeno sia più elevato quando si corre con calzature normali, rispetto alla corsa a piedi nudi, per via della massa aggiuntiva della scarpa. L'obiettivo dello studio era di distinguere gli effetti della massa e del tipo di scarpe sulla meccanica e sull'energetica. Sono stati presi in esame dodici soggetti allenati, fatti correre su un tapis roulant 3D alla velocità di 3.61 m/s in sei condizioni differenti: a piedi nudi, con calze da immersione ultra sottili, caricati con 150 g, caricati con 350 g, con calzature da 150 g, con calzature da 350 g. I risultati dimostrano la presenza di un effetto significativo sulla meccanica legato alla massa, ma nessun effetto sul consumo di ossigeno. La frequenza del passo, il contatto antero-posteriore, la rigidità verticale, la rigidità delle gambe, e il lavoro meccanico erano significativamente maggiori nella condizione minimalista rispetto alla condizione con calzatura normale. Le modifiche meccaniche della corsa hanno dimostrato che il ruolo principale della scarpa era di attenuare l'impatto del piede con il terreno, attraverso l'aggiunta di materiale di smorzamento. Tuttavia, questi cambiamenti possono portare a una riduzione della capacità di deposito e restituzione di energia elastica, che potrebbe spiegare il minor rendimento, inteso come efficienza netta registrata, della corsa con calzatura normale, probabilmente anche per via delle alterazioni legate all'usura delle calzature. Quindi, potrebbe essere sorprendente concludere che, nonostante il lavoro meccanico è significativamente maggiore nella condizione piedi nudi, l'efficienza è maggiore. Gli autori concludono segnalando la necessità di ulteriori esperimenti per esplorare al meglio questi effetti, magari ad una velocità di corsa maggiore e più vicina alla classica velocità di gara.

Gli autori Perl et al.<sup>29</sup> hanno verificato gli effetti del tipo di calzature e della fase di contatto sull'economia della corsa. Hanno misurato il costo della corsa in termini di consumo di ossigeno in soggetti che abitualmente corrono con scarpe minimaliste o a piedi nudi alla velocità di 3 m al secondo su un tapis roulant. Dati sulla forza di carico e sulla cinematica sono stati raccolti con i soggetti a piedi nudi e con i soggetti con calzatura normale per quantificare le differenze di flessione del ginocchio, la forza prodotta dai flessori plantari e la deformazione del tricipite della sura. Dopo il controllo della frequenza del passo e della massa delle scarpe, i corridori sono stati il 2,41% più economici in termini di consumo di ossigeno nella corsa minimalista con contatto dell'avampiede e il 3,32% più economici nella condizione con contatto del retro piede. Tali differenze non sono state verificate in chi indossava calzature normali. La forza erogata dai flessori plantari era significativamente maggior nell'avampiede rispetto la retro piede, sia nella corsa a piedi nudi che nella corsa con calzatura normale. La deformazione del tendine d'Achille e la flessione del ginocchio erano inferiori sia nella condizione a piedi nudi che con calzatura

normale. Gli autori hanno concluso che la corsa con calzature minimaliste è modestamente, ma significativamente più economica della corsa con calzatura normale, indipendentemente dal tipo di contatto. La probabile causa di questa differenza sta nel maggior accumulo di energia elastica e del rilascio di essa durante la corsa minimalista rispetto a ciò che avviene nella corsa con calzature normali. A seconda della quantità di forza prodotta dal tricipite surale e dalla misura in cui avviene la contrazione dei flessori plantari, isometricamente o eccentricamente, il beneficio di memorizzazione di maggiore energia elastica viene ridotto o eliminato da costi elevati di contrazione muscolare. Altri dati sono necessari per verificare questa ipotesi.

Gli autori Franz et al.<sup>9</sup> hanno indagato se il costo metabolico della corsa a piedi nudi rispetto alla corsa con calzatura normale sia veramente migliore. Il loro obiettivo è stato quantificare gli effetti metabolici di aggiunta di peso ai piedi e di confrontare il consumo di ossigeno e la potenza metabolica durante la corsa a piedi nudi contro la corsa con calzatura. Sono stati presi dodici soggetti maschi con esperienza notevole di corsa a piedi nudi, hanno corso su un tapis roulant alla velocità di 3,35 metri al secondo per 5 km, con un contatto del metatarso, sia a piedi nudi che con aggiunta di 150, 300, 450 grammi. Negli studi supplementari sono state piombate le scarpe, in maniera da aggiungere 150, 300 grammi. Per ognuna di queste condizioni di peso, sono state misurate il consumo di ossigeno e di anidride carbonica e calcolata la potenza metabolica. Gli autori hanno concluso che l'aumento di massa sul piede aumenta il consumo di ossigeno, ma la potenza metabolica non differisce fra corsa a piedi nudi e corsa calzata. Inoltre, per le condizioni di parità di massa, la corsa calzata prevede un risparmio metabolico del 3-4% rispetto alla corsa a piedi nudi. Nonostante l'aggiunta di massa si deduce che la corsa in scarpe ultraleggere e ammortizzate sia più economica della corsa a piedi nudi. Perciò la corsa a piedi nudi non offre alcun vantaggio metabolico rispetto alla corsa calzata leggera ammortizzata.

Dall'analisi degli articoli presi in considerazione, quindi, la corsa a piedi nudi non presenta un aumento della performance né tanto meno del risparmio energetico rispetto alla corsa con calzatura normale, come indicato dallo studio di Franz et al.<sup>9</sup> appena citato. Gli autori hanno infatti concluso che l'aumento di massa sul piede aumenta il consumo di ossigeno, ma la potenza metabolica non differisce fra corsa a piedi nudi e corsa calzata. Opinione opposta è presente nel lavoro di Hanson et al.<sup>14</sup>, dove è però individuabile un errore sistematico della velocità di marcia. In tale lavoro se si considerano gli unici dati validi, ossia quelli sul tapis roulant, non risulta nessuna differenza in termini di consumo di ossigeno. Un altro studio di Divert et al.<sup>5</sup>, condotto su dodici soggetti allenati fatti correre su un tapis roulant alla velocità di 3.61 m/s, indagando se le differenze in merito al consumo di ossigeno fossero legate al tipo di calzatura o

alla massa delle stesse, ha concluso che l'efficienza nella corsa a piedi nudi rispetto alla corsa con calzatura normale era maggiore. Il limite di questo studio è che è stato condotto ad una velocità di corsa troppo bassa e ben lontana dalla classica velocità di gara. Perl et al.<sup>29</sup>, nel loro lavoro hanno indagato il corso della corsa in termini di consumo di ossigeno in soggetti corridori minimalisti o a piedi nudi, abituali, ad una velocità di 3 m/s sul tapis roulant. Gli autori hanno concluso che la corsa con calzature minimaliste è modestamente, ma significativamente più economica della corsa con calzatura normale. Anche in questo caso la velocità dello studio era troppo bassa e gli stessi autori hanno sottolineato la necessità di ulteriori studi per verificare la loro ipotesi.

# Conclusione

Dalla revisione della letteratura analizzata sembra che il barefoot running non sia caratterizzato da una minore presenza di lesioni articolari e muscolari, rispetto alla corsa con calzature normali. Diversi articoli hanno dimostrato che la corsa minimalista determini diversi infortuni, in particolare fratture da stress delle ossa metatarsali, con maggior frequenza del secondo e del terzo osso. Tali episodi verificatisi spesso durante la transizione da corsa con calzatura normale a corsa a piedi nudi, mediamente durante i primi tre mesi. Alla luce di questo aspetto si considera sia preferibile allungare il tempo di transizione oltre i tre mesi e con una quantità di chilometri settimanali inferiori a quelli corsi con le calzature normali.

Per l'aspetto biomeccanico la caratteristica fondamentale che differenzia il barefoot running dalla corsa con calzatura normale è l'impatto con il terreno, che nel barefoot avviene con l'avampiede mentre nel tradizionale si verifica con il retro-piede. Nel barefoot la cinematica è caratterizzata da riduzione della lunghezza del passo, aumento della frequenza del passo, miglior lavoro dei muscoli intrinseci di piede e caviglia e maggiore feedback sensoriale. La calzatura minimalista sembra fornire le stesse caratteristiche di cinematica della corsa barefoot, garantendo però una buona protezione al piede.

L'aspetto della performance e del risparmio energetico appare il meno indagato, e non sembra che ci siano evidenze rilevanti in merito a miglioramento del performance e risparmio energetico della corsa a piedi nudi rispetto alla corsa con calzatura normale.

Per un'analisi più approfondita del barefoot e ricerca di eventuali benefici sarebbe auspicabile una ricerca prospettica quantitativamente e qualitativamente valida, sia su corridori a piedi nudi esperti che su corridori con calzature normali, disposti alla transizione a corsa a piedi nudi, magari interponendo un periodo di uso della calzatura minimalista tipo le VibramFiveFinges.

Prestando molta attenzione a bias legati alla velocità di corsa troppo bassa, alla reale frequenza di allenamento, alla taratura degli strumenti come ad esempio il tapis roulant, un giusto equilibrio fra campione maschile e campione femminile.

## Key Points

<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>La corsa a piedi nudi è caratterizzata da un contatto al suolo con l'avampiede, mentre la corsa con calzatura normale presenta un contatto con il retro piede.</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>La corsa con calzatura normale, nonostante materiali ultra assorbenti e plantari, presenta ancora un numero importante di lesioni.</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>La corsa a piedi nudi è caratterizzata da una riduzione della lunghezza del passo e da un aumento della frequenza del passo.</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Sono stati segnalati diversi casi di fratture da stress delle ossa metatarsali, prevalentemente del secondo e del terzo osso, nei corridori a piedi nudi</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>La corsa con le calzature minimaliste VibramFiveFingers si caratterizza per una cinetica molto simile a quella della corsa a piedi nudi.</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Non ci sono evidenze sul fatto che la corsa a piedi nudi sia più performante e garantisca un risparmio energetico rispetto alla corsa con calzatura normale.</b></li></ul>

# Bibliografia

1. Altman AR, Davis IS. **Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries.** *Curr Sports Med Rep.* 2012 Sep-Oct;11(5):244-50.
2. Bishop M, Fiolkowski P, Conrad B, et al. **Athletic footwear, leg stiffness, and running kinematics.** *J Athl Train.* 2006; 41:387Y92.
3. Clinghan R, Arnold G P, Drew TS, et al: **Do you get value for money when you buy an expensive pair of running shoes?** *Br J Sports Med* 42: 189, 2008.
4. De Wit B, De Clercq D, Aerts P. **Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running.** *J Biomech.* 2000;33(3):269-278.
5. Divert C, Mornieux G, Freychat P, Baly L, Mayer F, Belli A. **Barefoot-shod running differences: shoe or mass effect?** *Int J Sports Med.* 2008 Jun;29(6):512-8.
6. Divert C, Mornieux G, Baur H, et al. **Mechanical comparison of barefoot and shod running.** *Int J Sports Med.* 2005; 26:593Y8.
7. Eskofier BM, Kraus M, Worobets JT, Stefanyshyn DJ, Nigg BM. **Pattern classification of kinematic and kinetic running data to distinguish gender, shod/barefoot and injury groups with feature ranking.** *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering.* 2012;15(5):467-74.
8. Eslami M, Begon M, Farahpour N, Allard P. **Forefoot-rearfoot coupling patterns and tibial internal rotation during stance phase of barefoot versus shod running.** *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007 Jan;22(1):74-80.
9. Franz JR, Wierzbinski CM, Kram R. **Metabolic cost of running barefoot versus shod: is lighter better?** *Medicine and science in sports and exercise.* 2012 Aug;44(8):1519-25.
10. Giuliani J, Masini B, Alitz C, Owens BD. **Barefoot-simulating footwear associated with metatarsal stress injury in 2 runners.** *Orthopedics.* 2011 Jul 7;34(7):e320-3.

11. Goss DL, Gross MT. **A review of mechanics and injury trends among various running styles.** US Army Med Dep J. 2012 Jul-Sep:62-71.
12. Goss DL, Gross MT. **Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence.** US Army Med Dep J. 2012 Oct-Dec:25-30.
13. Hamill J, Russell EM, Gruber AH, Miller R. **Impact characteristics in shod and barefoot running.** Footwear Sci. 2011; 3:33Y40.
14. Hanson NJ, Berg K, Deka P, Meendering JR, Ryan C. **Oxygen cost of running barefoot vs. running shod.** Int J Sports Med. 2011 Jun;32(6):401-6.
15. Jacobs SJ, Berson BL: **Injuries to runners: a study of entrants to a 10,000 meter race.** Am J Sports Med 14:151, 1986.
16. Jenkins DW, Cauthon DJ. **Barefoot running claims and controversies: a review of the literature.** J Am Podiatr Med Assoc. 2011 May Jun;101(3):231-46.
17. Jungers WL. **Biomechanics: Barefoot running strikes back.** Nature. 2010 Jan 28;463(7280):433-4.
18. Koplán JP, Powell KE, Sikes RK, et al: **An epidemiologic study of the benefits and risks of running.** JAMA 248:3118, 1982.
19. Kram R, Franz JR. **Is barefoot running more economical?** Int J Sports Med. 2012 Mar;33(3):249; author reply 250.
20. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, Mang'eni RO, Pitsiladis Y. **Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners.** Nature. 2010 Jan 28;463(7280):531-5.
21. Lieberman DE. **What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective.** Exerc Sport Sci Rev. 2012 Apr;40(2):63-72.

22. Lohman EB 3rd, Balan Sackiriyas KS, Swen RW. **A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics, and biomechanics between shod, unshod, and minimally supported running as compared to walking.** Phys Ther Sport. 2011 Nov;12(4):151-63.
23. Lun V, Meeuwisse WH, Stergiou P, et al: **Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners.** Br J Sports Med 38: 576, 2004.
24. Macera CA, Pate RR, Powell KE, et al: **Predicting lower-extremity injuries among habitual runners.** Arch Intern Med 149: 2565, 1989.
25. McDougall C: **“Chapter 2,” in Born to Run: A Hidden Tribe, Superathletes, and the Greatest Race the World Has Never Seen,** 1st Ed, p 16, Alfred A. Knopf/Random House, New York, 2009.
26. McKean KA, Manson NA, Stanish WD: **Musculoskeletal injury in the masters runners.** Clin J Sport Med 16: 149, 2006.
27. McNair PJ, Marshall RN. **Kinematic and kinetic parameters associated with running in different shoes.** Br J Sports Med. 1994 Dec; 28(4):256-60.
28. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. **Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 200 marathon runners.** Gait Posture. 2008 Jan;27(1):152-5.
29. Perl DP, Daoud AI, Lieberman DE. **Effects of footwear and strike type on running economy.** Med Sci Sports Exerc. 2012 Jul;44(7):1335-43.
30. Richards CE, Magin PJ, Callister R. **Is your prescription of distance running shoes evidence-based?** Br. J. Sports Med. 2009; 43:159Y62.
31. Ridge ST, Johnson AW, Mitchell UH, Hunter I, Robinson E, Rich BS, Brown SD. **Foot Bone Marrow Edema after 10-week Transition to Minimalist Running shoes.** Medicine and science in sports and exercise.2013 Feb 22.[Epub ahead of print].
32. Ristolainen L, HeinonenA, Turunen H, et al: **Type of sport is related to injury profile:**

**a study on cross country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players: a retrospective 12-month study.** Scand J Med Sci Sports 20: 384, 2010.

33. Rixe JA, Gallo RA, Silvis ML. **The barefoot debate: can minimalist shoes reduce running-related injuries?** Curr Sports Med Rep. 2012 May-Jun;11(3):160-5.
34. Robbins, S. E. & Hanna, A. M. **Running-related injury prevention through barefoot adaptations.** Med. Sci. Sports Exerc. 19, 148–156 (1987).
35. Salzler MJ, Bluman EM, Noonan S, Chiodo CP, de Asla RJ. **Injuries observed in minimalist runners.** Foot Ankle Int. 2012 Apr;33(4):262-6.
36. Squadrone R, Gallozzi C. **Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners.** J Sports Med Phys Fitness 49: 6, 2009.
37. Van Mechelen W: **Running injuries: a review of the epidemiological literature.** Sports Med 14: 320, 1992.
38. Van Middelkoop M, Kolkman J, Van Ochten J, et al: **Prevalence and incidence of lower extremity injuries in male marathon runners.** Scand J Med Sci Sports 18: 140, 2008.
39. Walter SD, Hart LE, McIntosh JM, et al: **The Ontario cohort study of running-related injuries.** Arch Intern Med 149: 2561, 1989.
40. Yeow CH, Lee PV, Goh JC. **Shod landing provides enhanced energy dissipation at the knee joint relative to barefoot landing from different heights.** Knee. 2011 Dec;18(6):407-11.



