

BAREFOOT RUNNING: VARIAZIONI BIOMECCANICHE E LA LORO INCIDENZA SUGLI INFORTUNI LEGATI ALLA CORSA. UNA REVISIONE

S. NATALIA (PT)¹, A. ANDREANI (PT, OMPT)²

¹ Laureato in Fisioterapia, Master in Fisioterapia Sportiva, libero professionista; Fisioterapista presso lo Staff Medico F.I.J.L.K.A.M. (Federazione Italiana Judo Lotta Karate Arti Marziali - CONI)

² Laureato in Fisioterapia, OMPT, specializzato in Terapia Manuale Ortopedica, libero professionista, docente presso il Master in Fisioterapia Sportiva, Università di Pisa; Collaboratore alla didattica presso il Master in terapia manuale applicata alla fisioterapia, Università di Roma Tor Vergata

RIASSUNTO

Introduzione: Molti corridori, oggi, si stanno riavvicinando ad un genere di corsa primitivo, essenziale e minimale, dando vita ad una vera e propria specialità: il *Barefoot Running*. Con questo lavoro si è voluto indagare sulle evidenze di una connessione diretta tra l'incidenza di un infortunio e l'assetto, la tipologia della corsa e il tipo di calzature utilizzate, e se il *Barefoot Running* possa influire, attraverso variazioni biomeccaniche, sull'incidenza degli infortuni correlati alla corsa.

Materiali e metodi: È stata effettuata una ricerca online sulla banca dati PubMed. Sono stati inclusi studi, secondo il formato standardizzato P.I.C.O., su una popolazione di runners sottoposti ad analisi cinetica e cinematica, sia con calzature da corsa convenzionali, sia a piedi nudi (*barefoot*), o con scarpe minimali.

Risultati: Differenti modelli di appoggio, durante la corsa, possono incidere in maniera diversa sulle forze di impatto che dal terreno si trasmettono e si scaricano sulle varie strutture anatomiche della gamba. I risultati hanno mostrato che a un differente indice di minimalismo della calzatura corrispondono differenze cinetiche e cinematiche, con minori picchi di stress sulle strutture anatomiche.

Conclusioni: Il *Barefoot Running* potrebbe essere utile, oltre che dal punto di vista atletico, anche da quello riabilitativo, potendo permettere, infatti, di variare i carichi parziali sulle varie strutture dell'arto inferiore. Ad oggi non esistono in letteratura evidenze di spessore che dimostrino una correlazione diretta tra il *barefoot* e i meccanismi di insorgenza degli infortuni. Sarebbero necessari ulteriori studi per approfondire l'argomento.

Parole chiave: Barefoot · Running · Infortunio · Dolore

ABSTRACT

Introduction: Many runners today are becoming interested in a new style of running, essentially and fundamentally, giving life to a particular niche: *Barefoot Running*. The goal of this exercise had been to examine the evidence of a direct correlation between the effect of an accident and the equipment, the running typology and the type of shoes used, and if the *Barefoot Running* can have an influence, through biomechanical variations, on the bearing of running related accidents.

Materials and methods: An online research of the PubMed database has been carried out. They included studies, according to the P.I.C.O. standard format, about a population of runners exposed to kinetic and kinematic analysis, both with conventional running shoes and barefoot, or with ordinary shoes.

Results: Various patterns of support, during the run, can influence in a different manner the impact and strength which is passed down from the terrain and is spread onto the anatomical structures of leg. Results showed that a different gradualism index of the shoe yields kinetics and kinematics differences, with smaller stress peaks on the anatomical structures.

Conclusions: *Barefoot Running* could be useful, beyond an athletic point of view, in terms of rehabilitation also, allowing only partial loads on the many structures of the lower limb. Nowadays in literature there is no ample evidence to demonstrate a direct link between *Barefoot* and accident's onset mechanism. Further studies to deepen the argument would be necessary.

Key words: Barefoot · Running · Injury · Pain

INTRODUZIONE

La corsa è un gesto antico tanto quanto la storia dell'uomo. Se fin dall'antichità la corsa era praticata esclusivamente come mezzo di locomozione, nel corso dell'esistenza si è evoluta, insieme all'uomo, in un vero e proprio gesto atletico. Non esistono evidenze archeologiche o paleontologiche che possano fare pensare all'utilizzo di calzature da parte del genere Homo, apparso nella documentazione fossile circa 2 milioni di anni fa, o da parte dell'Homo Sapiens, apparso circa 200.000 anni fa¹. L'introduzione delle calzature, quindi, ha una storia più recente e prima dell'invenzione della scarpa, correre a piedi nudi era l'unico modo. Nel mondo esistono ancora popoli che praticano la corsa nel modo più antico e originale. Ad esempio, i *Tarahumara*, una tribù indiana di *Copper Canyon* in Messico, corrono centinaia di miglia a settimana indossando semplicissimi sandali con una sottile suola realizzata dal battistrada di uno pneumatico^{1,2}.

L'industria sportiva del XX secolo iniziò a produrre calzature da corsa solamente alla fine degli anni Settanta, dal momento in cui, in quegli anni, la popolarità della corsa crebbe velocemente. Nonostante la mancanza di prove scientifiche che ne dimostrassero l'efficacia, nel corso degli anni vennero sviluppate e introdotte modifiche che contrastassero le possibili lesioni dovute alla corsa per lunghe distanze. Oggi, molti corridori, probabilmente ispirati dallo stile di corsa dei *Tarahumara*, caratterizzato da una falcata corta, passo breve e leggero, protezione minima e massima flessibilità^{2,3} si stanno riavvicinando ad un genere di corsa primitivo, essenziale e minimale, dando vita ad una vera e propria specialità: il *Barefoot Running*, che è appunto l'atto di correre a piedi nudi (o con una calzatura tanto minimale da riprodurre il più possibile le condizioni biomeccaniche e sensitive della corsa a piedi nudi). L'industria delle calzature da corsa ha cercato, negli anni, il giusto compromesso tra prestazione e protezione dagli infortuni, producendo scarpe concepite sulla base di importanti variabili, come l'appoggio del piede, la postura, il peso, la distanza percorsa, la velocità, ecc. Oggi esistono, per cui, diverse categorie di scarpa da corsa: A0 = minimaliste, A1 = superleggere, A2 = intermedie, A3 = massimo ammortizzamento, A4 = stabili. Le

differenze sostanziali che caratterizzano le categorie sono la quantità di supporto della pianta e in particolare del tallone (*drop*, ovvero la differenza di altezza tra il tallone e l'avampiede), il peso della scarpa e i materiali utilizzati. Minore è il supporto, il peso e il materiale, minore è la categoria della scarpa^{4,5}.

Oggi, nonostante le numerose tipologie di calzature offerte dallo sviluppo tecnologico dell'industria sportiva, il 79% circa dei corridori soffre, ogni anno, di lesioni correlate al *running*^{3,6}.

I fattori che predispongono i corridori al rischio di infortunio dipendono da: *caratteristiche sistemiche* (età, sesso, peso, morfologia articolare, ecc.), *caratteristiche dell'attività* (frequenza e modifiche dell'allenamento, tipologia di terreno, distanza percorsa, esperienza, tipologia ed "età" della scarpa, ritmo di corsa, ecc.), *condizione di salute* (infortuni precedenti, patologie pregresse o in atto, ecc.) e *stile di vita* (alcol, fumo, allenamento, ecc.)⁷.

Alla luce di quanto introdotto e considerato, possono sorgere due quesiti fondamentali, che sono stati la base per la produzione di questo elaborato: c'è una connessione diretta tra l'incidenza di un infortunio e l'assetto, la tipologia della corsa e il tipo di calzatura utilizzata? E ancora, il *Barefoot Running* potrebbe in qualche modo influire, attraverso variazioni biomeccaniche, sull'incidenza degli infortuni correlati alla corsa?

MATERIALI E METODI

È stata effettuata una ricerca online sulla banca dati *PubMed*. Per la strategia di ricerca è stato utilizzato il formato standardizzato P.I.C.O.⁸.

Criteri di inclusione (figura 1):

1. *Subject Population*: Runners.
2. *Interventions*: analisi 3D cinematica, cinetica e analisi del passo con calzature convenzionali.
3. *Control*: barefoot.
4. *Primary outcome measures*: modifiche della biomeccanica.

Criteri di esclusione:

1. Non sono stati presi in considerazione studi non ancora pubblicati.
2. Le tipologie di studio analizzate sono state revisioni e studi controllati.

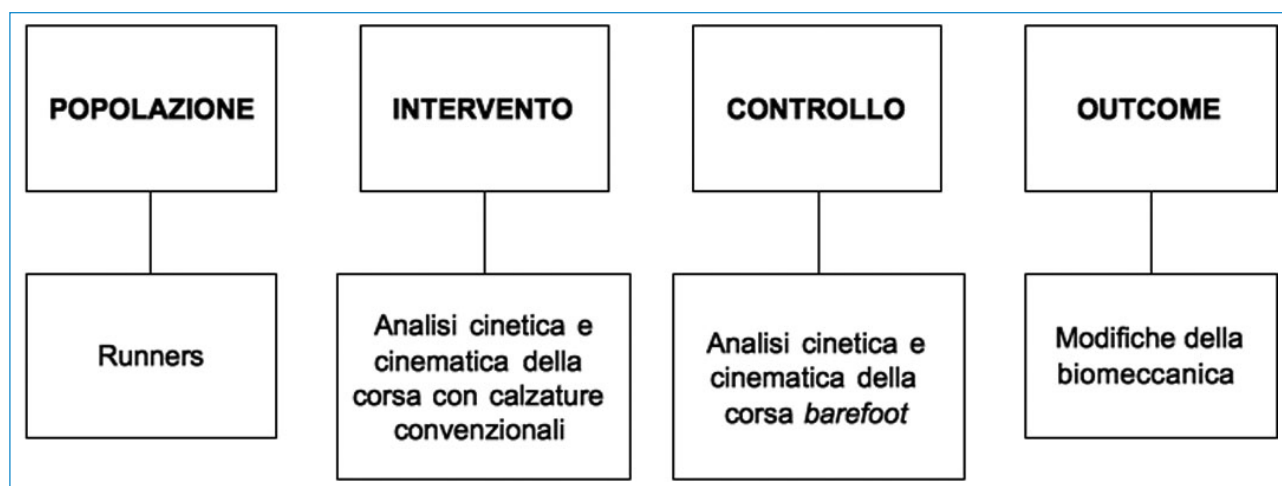


Fig. 1 - Strategia di ricerca P.I.C.O. e criteri di inclusione.

Sono stati reperiti i *full text* di tutti gli studi ottenuti in questa revisione.

RISULTATI

Il processo di selezione, utilizzato nella strategia di ricerca, è illustrato nella figura 2. È stata utilizzata una stringa di ricerca che includesse termini MESH e termini non MESH. Sono stati presi in considerazione gli studi in lingua inglese e italiana. La stringa utilizzata per questa revisione è la seguente:

Barefoot AND (Running [Mesh] OR Running)
AND (Injury OR Pain)

Il processo di selezione degli articoli rilevanti è rappresentato nella figura 2. La ricerca, eseguita con le metodiche sopra descritte, ha identificato 25 articoli potenzialmente inerenti. La valutazione del titolo, dell'*abstract* e del testo di ciascuna pubblicazione ha portato all'inclusione nella revisione di cinque articoli, in accordo con i criteri citati in precedenza. Di questi, tre sono studi controllati e due sono revisioni. La sinossi degli articoli inclusi è stata riportata nella tabella 1.

Lo studio di Sinclair et al.⁹ ha esaminato la *stiffness* articolare degli arti inferiori, confrontandola nei diversi stili di corsa. Lo studio, condotto su 15 *runners* uomini, ha evidenziato una *stiffness* (misurata attraverso un modello matematico, calcolata come il rapporto tra la verticale della forza

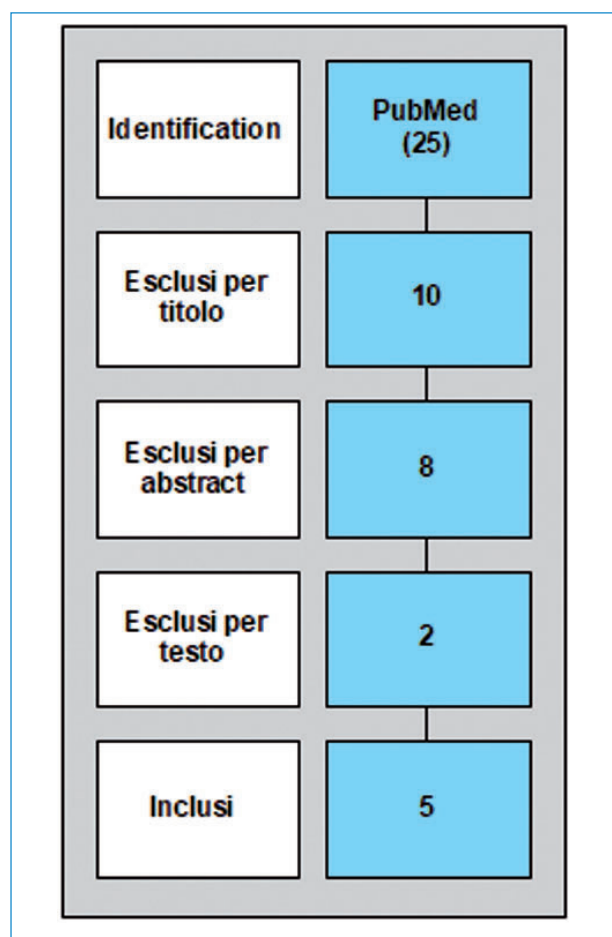


Fig. 2 - Processo di selezione degli articoli.

reattiva del terreno e la compressione dell'arto nelle fasi del passo, espressa in $N \cdot kg \cdot m^{-1}$) ginoc-

Tab. 1 - Sinossi degli studi inclusi.					
Autori	Sinclair et al. (2015)	Sinclair (2014)	Bonacci et al. (2013)	Hsu A. (2012)	Lorenz D. et al. (2012)
Tipo di studio	Studio controllato	Studio controllato	Studio controllato	Revisione	Revisione
Popolazione	15 runners sani di sesso maschile	30 runners di sesso maschile	22 runners (14 uomini e 8 donne)	Runners	Runners
Intervento	Analisi cinematica della corsa corsa con calzature convenzionali (CF)	Analisi 3D cinetica e cinematica della corsa con calzature convenzionali	Analisi 3D cinetica e cinematica della corsa con calzature convenzionali	Analisi dei dati cionetici e cinematici della corsa con calzature convenzionali	Analisi dei dati cinetici e cinematici della corsa con calzature convenzionali
Controllo	Barefoot (BF) e con calzature minimali (BFIS)	Barefoot e con calzature minimali	Barefoot	Barefoot	Barefoot
Outcome	Differenze biomeccaniche	Differenze biomeccaniche	Differenze biomeccaniche	Differenze biomeccaniche	Differenze biomeccaniche
Risultati	Il BF può ridurre le patologie croniche a carico del ginocchio, ma a discapito della caviglia. Necessarie ulteriori analisi sulle prospettive cliniche del BF.	Riduzione significativa delle forze d'impatto a carico del ginocchio nel BF e BFIS, ma carichi incrementati sul tendine d'Achille.	Stress significativi ripetuti sulla femoro-rotulea possono contribuire all'insorgenza di PFPS. Il barefoot diminuisce tali stress.	Il barefoot riduce significativamente i picchi di forza e incrementa la propriocezione e l'attivazione dei muscoli intrinseci del piede. Necessari maggiori studi per studiare i potenziali benefici.	Evidenze a supporto del barefoot e del modello FFS. Necessari maggiori studi per determinare correlazioni tra barefoot e infortuni.

chio-gamba maggiore nel *barefoot* e nelle calzature minimali rispetto alle calzature convenzionali. La *stiffness*, nel *barefoot*, potrebbe ridurre il rischio di incidenza di patologie croniche sul ginocchio a discapito però della caviglia, che nel *barefoot* ha un'escursione maggiore, dovuta alla flessione plantare al momento del contatto del piede col terreno.

Il secondo studio di Sinclair¹⁰, attraverso un'analisi tridimensionale della cinetica e della cinematica della corsa con configurazione *barefoot*, minimale e tradizionale, si è concentrato in particolare sulle forze di impatto a carico del ginocchio e del tendine d'Achille. Dai risultati è emerso che il *barefoot* e le calzature minimali comportavano picchi di forze di contatto femoro-rotuleo significativamente ridotte rispetto a quelle riscontrate nella corsa con calzature convenzionali. Tuttavia è si è dovuto tener conto di un contrastante risultato: infatti, se per quanto concerne le forze di carico sul ginocchio il *barefoot* e la corsa minimale hanno mostrato risultati positivi, a carico del tendine d'Achille si sono registrate forze di intensità maggiori.

Lo studio di Bonacci et al.¹¹ si è concentrato sulla relazione tra *barefoot* e dolore femoro-rotuleo (PFPS). È stato analizzato lo stile di corsa, dal punto di vista cinetico e cinematico, di 22 *runners* tramite un sistema 3D su una apposita pedana, sia durante la corsa a piedi nudi, sia con calzature convenzionali. Ne è emerso che le differenze biomeccaniche, derivate da i due stili diversi di corsa, hanno diminuito del 12% ($p=0.000$) lo stress provocato dalle forze generate dall'impatto del piede col terreno sull'articolazione femoro-rotulea.

Anche la revisione di Hsu¹² ha evidenziato una netta differenza di stress nel *barefoot*, ma ha evidenziato alcuni limiti presenti in letteratura riguardo l'argomento: purtroppo molti studi sono metodologicamente limitati, con livello di evidenza non elevato. Inoltre, le varie tipologie di studi presenti in letteratura non consentono di trarre conclusioni a favore o contro il *barefoot* in relazione agli infortuni correlati. Gli autori di questa revisione concludono ribadendo la necessità di future ricerche. Infine, nella revisione di Lorenz et al.¹³, si è posta attenzione alle nette differenze biomeccaniche

che tra i due stili di corsa. La ricerca però non ha riportato evidenze a favore del *barefoot* nella prevenzione di infortuni. I risultati sono stati coerenti e concordi con gli altri studi nel riportare i vantaggi biomeccanici del *barefoot* rispetto allo stile convenzionale, ma gli autori hanno concluso affermando che poche sono le evidenze che documentino una correlazione ben delineata tra biomeccanica e infortunio. Sono quindi necessari studi maggiori e più approfonditi.

DISCUSSIONE

Alla luce degli studi revisionati è evidente che tra il *Barefoot Running* e la corsa con calzature tradizionali esistano differenze sostanziali. Le maggiori differenze biomeccaniche e cinematiche (oltre che sensitive) sono individuabili soprattutto all'interno del ciclo del passo, che inizia e finisce quando un piede prende contatto col terreno.

La differenza fondamentale risiede nella prima delle quattro fasi del ciclo del passo, la fase di appoggio del piede (*stance phase*). In base alla modalità con cui il piede prende contatto col terreno, si possono avere tre tipologie di appoggio differenti: appoggio in avampiede (*FFS, forefoot strike*), appoggio in mesopiede (*MFS, midfoot strike*) e appoggio in retropiede (*RFS, rearfoot strike*). Nel *FFS* il piede ha un contatto iniziale con la testa dei metatarsi, nel *RFS* il piede ha un contatto iniziale col calcagno, mentre nel *MFS* il contatto avviene contemporaneamente con tutta l'area del piede^{4, 5, 14}.

È opportuno, però, specificare che le variabili che influiscono sulla diversa tipologia di appoggio del piede nei corridori sono diverse: l'esperienza, il livello di allenamento, proprietà meccaniche del terreno, la velocità, la distanza da percorrere e la frequenza del passo. Un maratoneta, ad esempio, che percorre lunghe distanze a velocità di resistenza, tende ad assumere un *RFS*, mentre un centometrista, abituato a correre brevi distanze ma a velocità massima, tende ad assumere un *FFS* o un *MFS*. I dati a disposizione, comunque, evidenziano come il 75% dei corridori con scarpe tradizionali predilige un *RFS*, rispetto al 24% di coloro che prediligono un *MFS*, mentre solo l'1% predilige un *FFS*^{1, 15}.

I differenti modelli di appoggio durante la corsa incidono sulle forze di impatto (*GFR, ground reaction force*) che dal terreno si trasmettono e si scaricano sulle varie strutture anatomiche. In particolare, dopo il contatto iniziale e il successivo arresto del piede nel *RFS*, il corpo continua a muoversi sul ginocchio portando il tallone ad assorbire dalle 2 alle 3 volte il peso del corpo. Il *FFS*, tipico del *Barefoot Running*, invece, è caratterizzato da una riduzione della lunghezza passo e da una riduzione delle forze di impatto, mentre si ha un incremento del feedback sensitivo dato dal contatto del piede nudo con il terreno. Un *barefoot runner*, quindi, è in grado di disperdere le forze di impatto più efficacemente e di creare forze di collisione minori rispetto a un corridore che indossa scarpe da corsa tradizionali. L'abilità nell'assorbire le forze più efficacemente è dovuta proprio agli adattamenti dei feedback somato-sensoriali dei meccanocettori della pianta del piede che "sentono il terreno", particolarità non presente, o comunque molto minore, nei corridori che utilizzano calzature tradizionali^{1, 6, 15, 16}.

È stato reperito uno studio recentissimo¹⁷ che non è apparso in questa ricerca poiché all'inizio di questo lavoro non era ancora stato pubblicato. Lo studio in questione si dimostra in linea con i quesiti espressi in questo lavoro, ed ha voluto indagare circa le correlazioni tra il livello di minimalismo della calzatura e le variazioni biomeccaniche della corsa in atleti con dolore femoro-rotuleo. I risultati hanno mostrato che a un differente indice di minimalismo della calzatura corrispondevano differenze cinetiche e cinematiche (angolo di inclinazione del piede al momento di contatto col terreno, forze di impatto femoro-rotulee, frequenza del passo, ecc.) simili a quelle mostrate negli atleti sani. Potrebbe essere considerata l'idea di inserire l'utilizzo di scarpe minimali o *barefoot* in un programma riabilitativo per la gestione del dolore femoro-rotuleo.

Non si hanno dati certi a sostegno di questa teoria ma la letteratura sembrerebbe spingere verso questa direzione.

È interessante notare che, dagli studi analizzati, il *barefoot* sembrerebbe diminuire le forze di carico sul ginocchio ma sembrerebbe anche aumentare quelle sulla caviglia. Anche qui i dati non sono univoci e non si ha una risposta certa, ma questo stile di corsa potrebbe non essere adatto a tutti i tipi di atleti e comunque necessita di un adegua-

to training che possa consentire alle strutture del piede e della caviglia di abituarsi a tollerare dei carichi differenti.

Potenzialmente questo approccio potrebbe essere molto utile, oltre che a livello atletico, anche dal punto di vista riabilitativo, dando modo al clinico di variare i carichi parziali sulle varie strutture dell'arto inferiore.

La letteratura non ci fornisce delle risposte precise, dobbiamo anche considerare che questo approccio ha avuto uno sviluppo piuttosto recente e servirebbero ulteriori studi per indagare il potenziale coinvolgimento del *barefoot* a scopo riabilitativo.

CONCLUSIONI

Alla luce di quanto esposto in questo lavoro, ad oggi non esistono in letteratura evidenze di spessore che dimostrino una correlazione diretta tra il *barefoot* e i meccanismi di insorgenza degli infortuni, né da un punto di vista di causalità, né di prevenzione. I risultati ottenuti sono comunque confortanti, in quanto è appurato che il *barefoot* e la corsa con scarpe minimali implicano stress minori alle strutture anatomiche fondamentali implicate nel gesto della corsa. Sarebbe interessante poter analizzare dei dati statisticamente più rilevanti al fine di comprendere la reale potenzialità, anche in ambito riabilitativo, di questo particolare approccio di corsa. È auspicabile un maggior coinvolgimento della comunità scientifica su questo argomento, servirebbero degli studi metodologicamente rilevanti che prendano in considerazione un campione più ampio con *outcome* a medio e lungo termine.

BIBLIOGRAFIA

1. Kaplan Y., *Barefoot Versus Shoe Running: from the past to the present*, The Physician and Sport Medicine 2014; vol. 42.
2. McDougall C., *Born to Run: a Hidden Tribe, Superathletes, and the Greatest Race the World Has Never Seen*, Knopf DoubleDay 2009, New York.
3. Rixe J.A. et al., *The barefoot debate: can minimalist shoes reduce running related injuries?*, Curr Sports Med Rep 2012.
4. Murphy K. et al., *Barefoot Running: does it prevent injuries?*, Sports Med. 2013.
5. Lieberman D.E. et al., *Footstrike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners*, Nature 2010.
6. Altman A.R. et al., *Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries*, Curr Sports Med Rep 2012.
7. van Gent R.N. et al., *Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review*, Br J Sports Med 2007.
8. Cooke A. et al., *Beyond PICO: the SPIDER tool for qualitative evidence synthesis*, Qual Health Res 2012.
9. Sinclair J. et al., *The effects of barefoot and shod running on limb and joint stiffness characteristics in recreational runners*, Journal Of Motor Behavior 2015.
10. Sinclair J., *Effects of barefoot and barefoot inspired footwear on knee and ankle loading during running*, Clinical Biomechanics 2014.
11. Bonacci J. et al., *Take your shoes off to reduce patellofemoral joint stress during running*, Sport Med 2013.
12. Hsu A.R., *Topical review: barefoot running*, Foot and ankle international 2012.
13. Lorenz D.S. et al., *Is there evidence to support a forefoot strike pattern in barefoot runners? A review*, Sports Health 2012.
14. Lohman E.B. et al., *A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics and biomechanics between shod, unshod and minimally supported running as compared to walking*, Phys Ther Sport 2011.
15. Altman A.R. et al., *A kinematic method for foot strike patterns detection in barefoot and shod runners*, Gait Posture 2012.
16. Bonacci J. et al., *Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study*, Br J Sports Med 2010.
17. Esculier J.F. et al., *Footwear characteristics are related to running mechanics in runners with patellofemoral pain*, Gait Posture 2017.

CORRISPONDENZA:

Simone Natalia
Via Ciavattino, 40 , 03012 Anagni (FR)
Tel.: +39 3408310428
email: simone.natalia@libero.it