



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2017/2018

Campus Universitario di Savona

La biomeccanica della corsa: influenza l'insorgenza di disordini muscoloscheletrici nei runners?

Candidato:

Dr. FT Alessandro Caria

Relatore:

Dott. FT, OMPT, Filippo Maselli

Indice

1. Introduzione

1.1 La corsa e le running related injuries (RRI)

1.2 La biomeccanica della corsa

1.2.1 Fase di appoggio

1.2.2 Fase di oscillazione

1.3 Le RRI

1.3.1 Fascite plantare

1.3.2 Sindrome della bandelletta ileo-tibiale

1.3.3 Sindrome dolorosa femoro-rotulea

1.3.4 Sindrome da stress medio-tibiale

1.3.5 Tendinopatia achillea

1.3.6 Fratture da stress

1.4 Obiettivo dello studio

2. Materiali e metodi

2.1 Strategie di ricerca

2.2 Banche dati e stringhe di ricerca

2.3 Criteri di selezione

2.3.1 Criteri d'inclusione

2.3.2 Criteri di esclusione

2.3.3 Valutazione qualitativa

3. Risultati

3.1 Processo di selezione degli articoli

3.1.1 Flow chart di selezione degli articoli

3.1.2 Tabella sinottica articoli esclusi

3.1.3 Tabella sinottica articoli inclusi

3.1.4 Tabelle valutazione qualitativa

4. Discussione

5. Conclusione

6. Bibliografia

Abstract

BACKGROUND: Da tempo si è attribuito alle alterazioni biomeccaniche della corsa un ruolo fondamentale nell'insorgenza dei disturbi muscolo-scheletrici (DMS) conosciuti in letteratura come *running related injuries* (RRI). Tale correlazione è fonte di un'accesa diatriba tra vari clinici e ricercatori: alcuni sostengono infatti che sia fondamentale andare a correggere tramite il *running re-training* le alterazioni biomeccaniche mentre altri sostengono che, non essendoci un nesso di causalità con le RRI non sia fondamentale approfondire l'argomento.

OBIETTIVI: Analizzare se vi è una reale evidenza sulla relazione fra le alterazioni biomeccaniche legate alla corsa e l'insorgenza delle RRI.

MATERIALI E METODI: È stata condotta una revisione sistematica nei database elettronici COCHRANE LIBRARY, MEDLINE e scieLO. Sono state incluse revisioni sistematiche, revisioni narrative e studi osservazionali di lingua inglese o italiana. La popolazione inclusa è composta da runners senza limiti di età, sesso o livello sportivo (agonistico o amatoriale). Sono state indagate le varie alterazioni biomeccaniche correlate alla corsa e l'outcome analizzato era l'insorgenza delle RRI. La ricerca è stata condotta dal mese di Ottobre 2018 al mese di Aprile 2019. È stata eseguita un'analisi qualitativa degli studi inclusi tramite *l'AMSTAR II* per le revisioni sistematiche e la *Newcastle-Ottawa Quality Assessment Form for Cohort Studies* per gli studi osservazionali

RISULTATI: Sono stati inclusi 8 revisioni sistematiche, 1 revisione critica e 1 studio osservazionale.

LIMITI: Scarso numero di studi osservazionali e bassa qualità degli studi inclusi.

CONCLUSIONI: Gli studi inclusi in questa revisione dimostrano una correlazione tra alcune alterazioni biomeccaniche e le RRI ma essendo la popolazione composta da soggetti già affetti da DMS non è possibile dimostrare se tali alterazioni sono una causa o una conseguenza dei disturbi. In conclusione con le prove disponibili, non si può accettare, né tuttavia rifiutare l'ipotesi che un'alterata biomeccanica della corsa possa causare l'insorgenza di RRI nei runners.

1. Introduzione

1.1 La corsa e le running related injuries (RRI)

La corsa è una delle attività fisiche più apprezzate in tutto il mondo e il numero di corridori è cresciuto notevolmente negli ultimi decenni (1). Le persone che ricercano uno stile di vita più sano attraverso la dieta e l'esercizio spesso scelgono la corsa come forma di attività fisica poiché questa è considerata un'attività a basso costo che può essere facilmente implementata (2). Si stima che circa trenta milioni di persone la praticano regolarmente negli Stati Uniti (3) mentre in Europa il 36% della popolazione è composta da corridori amatoriali (4). La corsa è in grado di promuovere una vasta gamma di benefici per la salute (5) e in particolar modo è molto efficace nella riduzione dei fattori di rischio per le malattie cardiovascolari (6), nel mantenimento della salute mentale (7) e nella riduzione del rischio di diabete (6). Nonostante sia considerata una semplice attività, comporta la complessa integrazione del movimento di tutte le articolazioni e i segmenti corporei coinvolti (8) ed è proprio per questo motivo che è associata a un rischio più elevato d'infortuni rispetto ad altre forme di esercizio aerobico come camminare, nuotare e andare in bicicletta (9;10;11).

Gli infortuni legati alla corsa, conosciuti in letteratura con il nome di running related injuries (RRI) rappresentano un grosso ostacolo alla partecipazione continua a questa stessa attività (12;13;14).

È proprio grazie al rischio potenzialmente elevato di subire lesioni e ai conseguenti tempi di recupero e costi socioeconomici che le RRI rappresentano un importante problema di salute pubblica (15). Il loro tasso d'incidenza varia secondo i vari studi tra il 18,2% e il 92,4% (16; 17; 18). Secondo una meta-analisi del 2017 il loro numero varia da 2,5 a 33,0 infortuni per 1000 ore di allenamento (12). Questa grande varietà nei tassi d'incidenza può essere spiegata dall'eterogeneità nelle caratteristiche del campione (differenti tipologie di corridori) e dalle differenti definizioni di lesioni muscoloscheletriche correlate alla corsa (RRI) che vi sono tra i vari studi (17).

Sono stati condotti vari studi per identificare quali sono le lesioni più comuni tra i corridori, tuttavia, a causa di una grande eterogeneità negli studi eseguiti (ad esempio nella definizione di RRI, tipologia di corridori, classificazione degli infortuni e/o diagnosi), la letteratura non fornisce una chiara classifica degli infortuni prevalenti (19). L'identificazione dei principali infortuni risulta però fondamentale nella prevenzione e nella riabilitazione del corridore. Questo può indirizzare i medici, gli allenatori, i professionisti della sanità e i ricercatori a convogliare le loro risorse su come sviluppare specifiche strategie di prevenzione per diminuire sia l'incidenza, sia la gravità di queste lesioni.

Le RRI possono essere suddivise in traumatiche acute (principalmente lesioni muscolari e distorsioni articolari) e a-traumatiche (20).

Queste ultime rappresentano la stragrande maggioranza delle lesioni da corsa e sono spesso dovute a un sovraccarico funzionale (*overuse*) (20).

Tra di esse le più comuni sono: la sindrome dolorosa femoro-rotulea (PFPS, patello femoral pain syndrome), la tendinopatia achillea (TA), la sindrome della bandelletta ileo-tibiale (ITBS), la sindrome da stress medio-tibiale (MTSS o shin splints), la fascite plantare e le fratture da stress (principalmente a livello tibiale e metatarsale) (21).

Molti fattori giocano un ruolo fondamentale nell'eziologia di queste lesioni presenti nella corsa e sono comunemente suddivisi in intrinseci ed estrinseci.

I fattori di rischio estrinseci includono le variabili come il chilometraggio percorso, l'andatura, le superfici dell'allenamento e l'inclinazione delle stesse, i tempi di riposo e l'attrezzatura utilizzata (scarpe, plantari etc.) (20). Quelli intrinseci includono principalmente fattori non modificabili e innati come sesso, età, altezza, fattori anatomici come antiversione femorale, ginocchio varo o valgo, piede cavo o pronato, densità ossea, asimmetrie di lunghezza degli arti inferiori e fattori intrinseci modificabili come la biomeccanica della corsa (21). Quest'ultima gioca un ruolo fondamentale nella relazione tra il carico dell'allenamento e l'insorgenza dei disturbi muscoloscheletrici (22;23). Nel 2018

è stato eseguito uno studio longitudinale prospettico con l'obiettivo di determinare i fattori eziologici (fisiologici, biomeccanici, psicosociali e legati all'allenamento) associati con gli infortuni della corsa nei runners amatoriali, con il fine di aiutare clinici e ricercatori a ridurre l'incidenza degli infortuni (24). Il periodo di osservazione è durato 2 anni e il campione era composto da 330 runner amatoriali sani (24). Il 66% di loro ha subito almeno un infortunio mentre il 56% ha riferito più di un infortunio nei due anni di osservazione (24). Il ginocchio è stato il distretto più frequentemente interessato dagli infortuni, seguito dal piede e le femmine hanno subito più infortuni dei maschi (73% vs 62%) (24).

Sono stati analizzati vari parametri come la distanza settimanale percorsa, l'angolo Q, l'altezza dell'arco longitudinale mediale, la flessibilità del quadricipite e degli hamstring, l'escursione articolare in flessione dorsale di caviglia, la mobilità del retropiede e la forza di reazione al suolo ma non sono state rilevate differenze in questi parametri tra i runners che hanno subito un infortunio e quelli non infortunati (24).

È stato invece evidenziato come una ridotta mobilità articolare del ginocchio, più frequente nei runners di peso maggiore (>80 kg) aumenta in modo significativo la probabilità di incorrere in un infortunio da sovraccarico associato alla corsa. (24). In una revisione sull'eziologia, prevenzione e trattamento delle RRI, Hreljac ha concluso che le cause di tutti gli infortuni da sovraccarico legati alla corsa potrebbero essere considerati come errori di allenamento e di conseguenza si potrebbero prevenire (22). Per questo motivo la ricerca di strategie per prevenire tali infortuni dovrebbero essere prioritaria e, al fine di ridurre il rischio è fondamentale per prima cosa cercare i fattori causali e i meccanismi alla base della loro insorgenza (25).

Lo scopo di questa revisione pertanto è stato quello di identificare se in letteratura fossero presenti o meno studi che dimostrassero come, la

biomeccanica della corsa potesse influire o meno sull'insorgenza dei disordini muscolo-scheletrici (DMS).

1.2 La biomeccanica della corsa

Il ciclo del passo può essere definito come la serie di movimenti che si susseguono dall'impatto iniziale del piede con il terreno fino al successivo contatto dello stesso piede (26). Il ciclo della corsa è completamente differente da quello del passo. Ci sono due differenti fasi che si alterano sia durante la corsa che durante il cammino: la fase di appoggio e la fase di oscillazione (26;27;28).

La fase di appoggio avviene quando il piede è in contatto con il terreno e quando un'estremità è in fase di appoggio l'altra, si trova in fase di oscillazione. Rispetto al ciclo del passo durante il ciclo della corsa si ha un'ulteriore fase, detta fase fluttuante o di volo che si verifica tra la fase di appoggio e la fase di oscillazione, in cui nessuno dei piedi è in contatto con il terreno (29). Nel cammino, la fase di appoggio rappresenta circa il 60% dell'intero ciclo mentre la fase di oscillazione ne rappresenta circa il 40% (26;29).

L'opposto avviene durante la corsa in cui la fase di appoggio dura meno del 50% del tempo dell'intero ciclo (29;30). È proprio grazie alla lunga durata della fase di oscillazione che si verifica una sovrapposizione tra le fasi oscillatorie di entrambi gli arti inferiori generando così la caratteristica fase di fluttuazione che si verifica durante la corsa. Man mano che aumenta la velocità della corsa diminuisce ulteriormente la fase di appoggio e aumentano la cadenza e la lunghezza della falcata (29;30).

Per *lunghezza della falcata* s'intende la distanza dal contatto iniziale di un piede fino a quando lo stesso piede non si mette nuovamente in contatto con la superficie di corsa (31).

La *lunghezza del passo* è invece la distanza tra il contatto iniziale di un piede e il successivo contatto del piede opposto (31).

La *cadenza* è definita invece come il numero di passi effettuati durante un certo periodo di tempo, solitamente al minuto (31).

Un'altra differenza tra il cammino e la corsa è che quest'ultima ha una base d'appoggio più ampia tra i singoli footstrikes (contatto iniziale del piede con la superficie) rappresentata dalla distanza tra i bordi mediali dei talloni: come la velocità del passo aumenta fino a trasformarsi in corsa la distanza della base d'appoggio si restringe. Un'altra differenza tra la camminata e la corsa, che vale la pena menzionare, è che la corsa richiede una maggiore gamma di movimento di tutte le articolazioni degli arti inferiori e richiede una maggiore quantità di contrazione muscolare eccentrica rispetto a camminare a causa delle maggiori forze da impatto (29;30).

1.2.1 Fase di appoggio

La fase di appoggio inizia con il footstrike, seguito dalla fase di midstance (periodo intermedio della fase di appoggio in cui tutto il piede è a contatto con la superficie) per poi terminare con il decollo (28). Diversi gruppi muscolari, ossa e articolazioni si comportano in modo univoco in ciascuna di queste fasi. All'inizio del footstrike, i muscoli, i tendini, le ossa e le articolazioni del piede e della parte inferiore della gamba si organizzano per assorbire l'impatto o atterraggio con il terreno (29; 30). L'atterraggio (che avviene durante il footstrike) è facilitato dalle azioni dell'articolazione sottoastragolica, un'articolazione multiplanare che provoca la pronazione del piede. Inoltre, la fascia plantare si estende per consentire al piede di espandersi e assorbire l'atterraggio (32). A livello dell'articolazione tibio-tarsica si verifica una dorsiflessione accompagnata dalla flessione del ginocchio e dell'anca, che sono tutti movimenti coinvolti nella distribuzione della forza di impatto al suolo. A livello muscolare questa distribuzione delle forze avviene principalmente tramite il retto femorale e il gastrocnemio i quali trasferiscono l'energia dell'impatto in senso disto-prossimale (dalla caviglia al ginocchio all'anca) (33). Questa serie di

contrazioni muscolari s'inverte in senso prossimo-distale durante il push-off o fase propulsiva in cui il piede si separa progressivamente dalla superficie.

Mentre la fase di appoggio progredisce fino alla midstance, il piede inizia a muoversi dalla pronazione alla supinazione in preparazione per la fase propulsiva (32). I muscoli posteriori della coscia si accorciano e si contraggono man mano che la gamba prosegue attraverso la fase di appoggio (35). A questo punto la contrazione del gastrocnemio e del soleo causano la flessione plantare di caviglia, propedeutica per iniziare la fase di spinta o di decollo. Questo movimento rappresenta l'inizio della fase di oscillazione.

1.2.2 Fase di oscillazione

La fase di oscillazione del ciclo della corsa inizia quando l'arto inferiore oscilla nell'aria, dal decollo alla discesa fino al footstrike che fa reiniziare la fase di appoggio (28). Quando avviene il decollo, i muscoli retto femorale e tibiale anteriore sono i più attivi (27) mentre i muscoli posteriori della coscia e gli estensori dell'anca sono più attivi durante la fase tardiva dell'oscillazione fino alla fase centrale di quella di appoggio (27; 36). Durante la fase fluttuante di volo (in cui entrambe le estremità non si trovano in fase di appoggio) avvengono una rotazione in avanti della pelvi ipsilaterale e una flessione dell'anca causata dallo psoas e dalla muscolatura del *core* (il trasverso dell'addome, il multifido, il retto addominale, gli obliqui interno ed esterno, il sacro-spinale (o erettore della spina ES e i muscoli paraspinali). I quadricipiti iniziano a mostrare attività durante la fase tardiva dell'oscillazione (27) mentre i muscoli posteriori della coscia si allungano quando la parte inferiore della gamba si estende a livello del ginocchio e sono più suscettibili alle lesioni nella fase terminale dell'oscillazione (27). Quando inizia la discesa del piede verso il terreno la gamba opposta sta finendo la sua fase di appoggio. È importante sottolineare che sia in fase di appoggio che in fase di oscillazione gli adduttori rimangono sempre attivi (27).

1.3 RRI

1.3.1 Fascite plantare

La fascite plantare è la principale causa di dolore al tallone nei corridori e rappresenta tra il 7 e il 9 % di tutte le RRI (37). È definita come una condizione dolorosa del piede causata da infiammazione (fase acuta) o degenerazione (fase cronica) della fascia plantare (tessuto connettivo denso che si estende dal calcagno alle teste metatarsali) (38). La fascia ha una funzione statica, supporto dell'arco plantare longitudinale del piede in carico e, una dinamica, durante il ciclo del passo, in cui alternativamente si contrae e si allunga con un meccanismo che è definito *windlass mechanism* (l'arco mediale si appiattisce e si alza alternativamente) (39). Come la tendinopatia Achillea presenta due siti dolorosi: uno nel mediopiede e l'altro nell'inserzione della fascia a livello del tubercolo mediale del calcagno (39). Nella fase iniziale si ha un'infiammazione della fascia che se non risolta porta a una condizione di cronicità con cambiamenti strutturali e un aumento di spessore della stessa che può passare da 3 fino a 7 mm (40). L'insorgenza della patologia non è chiara: probabilmente è legata ad un overuse (microtrauma ripetuti all'inserzione della fascia) o ad un non corretto uso biomeccanico del piede (41; 42).

1.3.2 Sindrome della bandelletta ileo-tibiale.

La sindrome della bandelletta ileo-tibiale (ITBS) è il secondo più comune disturbo muscoloscheletrico correlato alla corsa (43). È la causa principale di dolore laterale di ginocchio (43) e rappresenta circa 1/10 di tutte le RRI (44). Secondo una teoria recente, è causata dallo sfregamento della bandelletta ileo-tibiale contro l'epicondilo femorale laterale che si verifica a circa 20-30 ° di flessione del ginocchio (45; 46). Sono stati analizzati vari fattori eziologici, alcuni non modificabili come quelli anatomici altri modificabili. Tra i fattori anatomici non modificabili sono stati associati alla ITBS, la differenza nella lunghezza delle

gambe e la prominenza accentuata degli epicondili laterali (37; 47; 48; 49). Tra i fattori modificabili invece troviamo la ridotta flessibilità e la debolezza muscolare, in particolare dei muscoli abduuttori dell'anca (49). Anche le alterazioni biomeccaniche possono essere correlate all'ITBS nei corridori e i risultati di due revisioni sistematiche suggeriscono differenze biomeccaniche nei corridori con ITBS rispetto ai corridori sani (50; 51).

1.3.3 Sindrome dolorosa femoro-rotulea

La sindrome dolorosa femoro-rotulea ha avuto nel tempo varie denominazioni da dolore anteriore di ginocchio fino a ginocchio del corridore (runner's knee). È una condizione clinica caratterizzata da dolore retro-patellare o peri-patellare. (52). Il dolore è aggravato da tutte quelle azioni che determinano un aumento di carico nell'articolazione femoro-rotulea come salire e scendere le scale, accovacciarsi, saltare, correre o camminare (53). È probabilmente il principale infortunio nei runners e negli sportivi e rappresenta tra il 25 e il 40% di tutti i problemi al ginocchio (54). Si ritiene che alla base di questa patologia ci siano dei fattori locali come il maltracking rotuleo, fattori prossimali come la debolezza muscolatura glutea (54) o fattori distali come una limitazione in flessione dorsale di caviglia (56). Sempre tra i fattori di rischio intrinseci una particolare attenzione è stata rivolta nei confronti della biomeccanica della corsa trovando numerose alterazioni e correlandole all'insorgenza di tale patologia (es. un eccessivo valgo dinamico) (57). Non si sa tuttora se tali alterazioni siano alla base della patologia o una conseguenza della stessa sia nella popolazione generale che nei runners e da qui nasce la necessità di ulteriori studi che rafforzino tale associazione.

1.3.4 Sindrome da stress medio-tibiale

La sindrome da stress medio-tibiale (MTSS) è una delle principali cause di dolore alla gamba dovuto all'esercizio fisico (58). Tale disturbo è molto frequente nel personale militare, nei runners e negli atleti che compiono salti frequenti (59). È caratterizzata da dolore nella regione postero-mediale della tibia da mediale a distale esacerbato dall'esercizio fisico sotto carico e che tende a scomparire gradualmente appena finisce l'esercizio. Viene definita come "un dolore nella regione postero-mediale della tibia che compare durante l'esercizio e che dev'essere distinto da un dolore di natura ischemica o dovuto a frattura da stress" (60). Tramite l'esame fisico il dolore è evocabile mediante la palpazione del bordo postero-mediale della tibia per una lunghezza di almeno 5 cm (60). Numerosi studi hanno esaminato i fattori di rischio, soprattutto intrinseci della MTSS come un'eccessiva pronazione del piede (61), un deficit in flessione dorsale o alterazioni biomeccaniche legate alla corsa ma la difficoltà riscontrata è sempre quella di dimostrarne un nesso di causalità invece di una semplice associazione.

1.3.5 Tendinopatia Achillea

La tendinopatia achillea (TA) rappresenta una delle principali cause di assenza dall'allenamento e dalle competizioni negli sportivi (62). Il disturbo si può verificare in due diversi punti: nella porzione centrale o mid-portion, i 2-6 cm prossimali all'inserzione dove l'area trasversale è più piccola ed è una zona a-vascolare o nell'inserzione del tendine a livello del calcagno (quest'ultima meno frequente) (39). La storia naturale della patologia prevede una fase infiammatoria iniziale della durata di circa 24 ore, una fase di riparazione in cui avviene la sintesi del collagene da parte dei tenociti e una fase finale di

rimodellamento che a sua volta può essere suddivisa in una fase di consolidamento e una di maturazione (63).

Le cause principali della tendinopatia achillea sono:

- Overuse: è ritenuto il principale fattore eziologico della tendinopatia achillea (64). L'esposizione a carichi ripetitivi come la corsa è il principale fattore di rischio, basti pensare che durante questo gesto il carico cui è sottoposto il tendine è 6 volte maggiore rispetto al peso corporeo (64).
- alterazione funzionale degli arti inferiori: ridotta abilità nel saltellare nei pazienti con TA (65).
- fattori intrinseci: sesso maschile, sovrappeso etc (39).
- fattori biomeccanici: molti fattori biomeccanici, statici e dinamici sono stati negli anni associati alla TA senza dimostrarne per nessuno, fino ad oggi, un nesso di causalità accertato (39).

1.3.6 Fratture da stress

Le fratture da stress rappresentano approssimativamente il 25% di tutte le RRI: la metà di esse sono a carico della tibia, seguita da scafoide, perone e metatarsi (66). Sono causate spesso da un aumento del carico su una struttura di supporto affaticata quale l'osso (67). Da un punto di vista clinico sono caratterizzate da dolore localizzato che aumenta con l'esercizio e che risulta facilmente evocabile con la palpazione o con la mobilizzazione articolare (68). Nonostante ciò i 2/3 dei pazienti sintomatici inizialmente non presentano segni radiografici alla RX (reazione periostale o ispessimento endostale) e di essi solo circa la metà li svilupperà in seguito (67).

È importante distinguere le fratture da stress critiche o ad alto rischio da quelle non critiche o a basso rischio. Per alto rischio s'intende la separazione dei segmenti, la mancanza di fusione degli stessi, le dislocazioni o qualsiasi tipo di frattura con una componente intra-articolare; queste fratture necessitano un trattamento più aggressivo, a volte chirurgico (69) e sono: scafoide, secondo

metatarso prossimale e frattura mediale o laterale del sesamoide del primo dito. Come per altre RRI particolare importanza deve essere nell'identificare i fattori biomeccanici in grado di causare tale patologia.

1.3 Obiettivo dello studio

Sono stati condotti nel tempo molti studi che correlano la cinetica o la cinematica della corsa con vari disordini muscolo-scheletrici senza dimostrarne un nesso di causalità; pertanto l'obiettivo della presente tesi è stato quello di revisionare la letteratura alla ricerca di un nesso di causalità tra un alterazione della biomeccanica della corsa e l'insorgenza delle RRI, cercando di rispondere di poter rispondere al quesito, ovvero, se le alterazioni della corsa possono o meno causare un DMS o sono i DMS a causare un alterazione della biomeccanica nei runner.

2. Materiali e metodi

2.1 Strategie di ricerca

Questa revisione sistematica è stata scritta seguendo i criteri “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), ideati per redigere revisioni sistematiche della letteratura e metanalisi, senza registrare un protocollo di revisione. L’analisi della letteratura è stata condotta dal mese di Ottobre 2018 al mese di Aprile 2019.

2.1.1. Banche dati, stringhe di ricerca e parole chiavi utilizzate

Il reperimento degli articoli è stato effettuato attraverso la ricerca condotta nei database elettronici: COCHRANE LIBRARY, ScieLo e MEDLINE.

Inoltre è stata valutata la bibliografia degli articoli più rilevanti, (cross-reference) non rilevati con la ricerca iniziale e se potenzialmente utile al fine della ricerca. Di seguito sono riportate le stringhe di ricerca utilizzate nei 3 motori di ricerca:

- Pubmed: runner* AND running biomechanical AND (injuries/musculoskeletal disorders OR running injuries)
- Cochrane: runners AND running biomechanics AND (injuries OR musculoskeletal disorders OR running injuries)
- ScieLo: runners AND running biomechanics AND injuries

	Parola chiave 1	AND	Parola chiave 2	AND	Parola chiave 3
Sinonimo 1	Runners		Running biomechanics		Injuries
OR					
Sinonimo 2			Running biomechanical		Running injuries
OR					
Sinonimo 3					Musculoskeletal disorders

Tabella 1. Parole chiave della stringa di ricerca

2.3. Criteri di selezione

Al fine della ricerca, agli articoli sono stati applicati i seguenti criteri d'inclusione ed esclusione. Gli articoli di pertinenza incerta sono stati tenuti fino alla lettura del full text.

2.3.1 Criteri di Inclusione

- Tipologia di studio: sono stati inclusi solo revisioni sistematiche, revisioni narrative e studi osservazionali. Gli studi dovevano essere in lingua inglese o italiana.
- Tipologia di partecipanti: sono stati inclusi nella revisione studi basati su corridori (runners) senza limiti di età, sesso o livello di attività sportiva

(agonisti, amatoriali, Km percorsi etc.). I runners potevano essere sia sani sia affetti da qualsiasi RRI.

- Tipologia d'intervento: sono stati inclusi tutti gli studi che esaminano la correlazione tra la biomeccanica della corsa e i disordini muscoloscheletrici, in particolare le running related injuries (RRI)

2.3.2. Criteri di esclusione

- Tipologia di studio: sono stati esclusi gli articoli il cui full-text non era disponibile o presente ma in lingue diverse da italiano e inglese. Sono stati esclusi anche gli studi con l'abstract non disponibile e che non rientravano nella tipologia di studi indicata nei criteri di inclusione.
- Tipologia di partecipanti: animali, cadaveri o persone che non rientravano nei criteri d'inclusione.
- Tipologia d'intervento: studi che non mettevano in correlazione la biomeccanica della corsa con le RRI ma che analizzavano solo la biomeccanica della corsa o le RRI prese singolarmente.

2.3.3 Valutazione qualitativa

Al fine di valutare la qualità degli studi, verranno usate le seguenti checklist per la corrispettiva tipologia di studio:

- Revisione sistematiche della letteratura: AMSTAR II – Assessing the Methodological Quality of Systematic Reviews
- Studi prospettici: Newcastle-Ottawa Quality Assessment Form for Cohort Studies.

3. Risultati

3.1 Processo di selezione degli articoli

La ricerca tramite le stringhe di ricerca riportate nel capitolo materiali e metodi ha prodotto inizialmente 64 records.

Comparando i risultati ottenuti tra i vari motori di ricerca e banche dati, di questi 64 records ne è stato eliminato 1 in quanto duplicato: si è ottenuto così un totale di 63 articoli da sottoporre a screening per titolo e abstract.

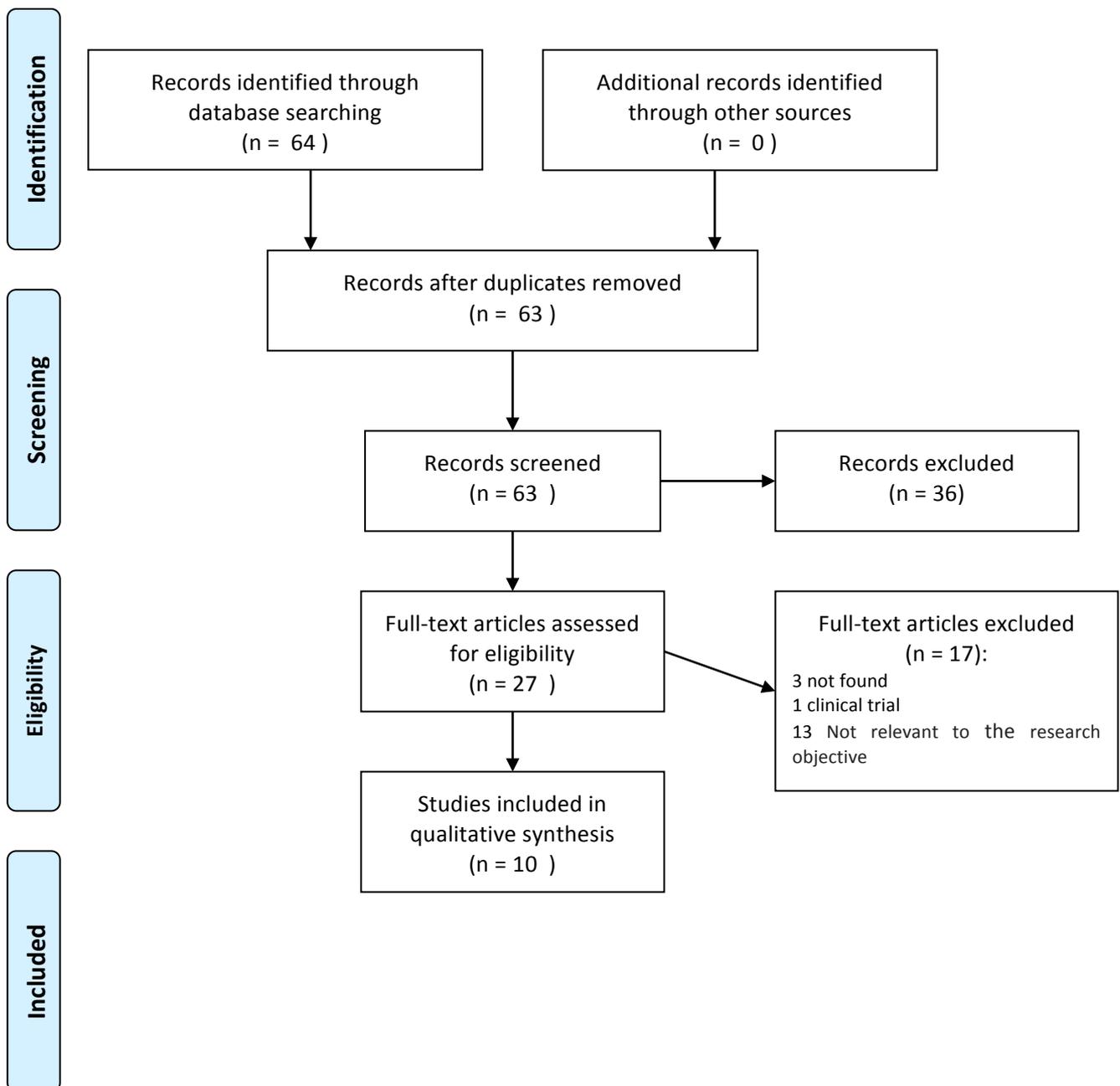
Tramite la lettura del titolo e dell'abstract sono stati esclusi un totale di 36 record perché non pertinenti con la ricerca.

Dei 27 articoli ottenuti dopo aver effettuato lo screening, veniva fatta una seconda e più accurata selezione tramite la lettura di ciascun full-text.

In seguito a tale lettura sono stati esclusi 17 articoli e 10 articoli sono stati inclusi nella revisione.

Di seguito sono riportate la flow chart di selezione degli articoli redatta secondo le linee guida PRISMA, la tabella sinottica degli articoli esclusi con motivazione dell'esclusione e infine la tabella sinottica degli articoli inclusi nella revisione con nome articolo, autore e rivista, obiettivi dello studio, intervento, outcomes, risultati e note del revisore.

3.1.1 Flow chart di selezione degli articoli



3.1.2 Tabella sinottica degli articoli esclusi

Nome articolo	Autore	Motivo esclusione
Core and Lumbopelvic Stabilization in Runners	Carlos E. Rivera	Non valuta la correlazione tra la debolezza della muscolatura del core e le RRI. Analizza e spiega nel dettaglio i vari esercizi per rinforzare il core nei runners.
Management of Common Running Injuries	Jeffrey A. Strakowski	Analizza prima la biomeccanica della corsa solo accennando alle alterazioni che possono dare uno stress maggiore senza specificare per quale patologia. Poi analizza le patologie una ad una senza parlare delle alterazioni biomeccaniche.
Comprehensive Functional Evaluation of the Injured Runner	Christopher T. Plataras	Analizza la valutazione funzionale e i test dell'arto inferiore nel runner infortunato.
Evidence-Based Treatment of Hip and Pelvic Injuries in Runners	Michael C. Geraci Jr	Accenna solo in breve alla biomeccanica della corsa e alle sue correlazioni con le RRI senza indicare quali. Tratta più che altro la valutazione dei vari distretti da un punto di vista di test funzionali.
Tarsal Tunnel Syndrome in Runners	David L. Jackson	Non parla della biomeccanica ma solo un breve articolo sulla sindrome in generale.
Patellofemoral pain.	Dutton RA	FULL-TEXT non disponibile
The anatomy and biomechanics of running	Nicola TL	FULL-TEXT non disponibile

Biomechanics of iliotibial band friction syndrome in runners	John W Orchard	Si tratta di un Trial clinico pertanto non rientra nei criteri d'inclusione.
Pronation in runners. Implications for injuries.	Hintermann B	FULL-TEXT non disponibile
Iliotibial Band Syndrome in Runners	Michael Fredericson	Review che analizza in generale l'ITBS senza entrare nello specifico sulle alterazioni biomeccaniche legate alla corsa.
An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis	Souza RB	Articolo che spiega come effettuare un'attenta analisi della corsa su tutti i piani dello spazio con un accenno sulle alterazioni biomeccaniche senza entrare in merito alle RRI.
Evaluation and Management of Hip and Pelvis Injuries.	Heiderscheidt B	Review che elenca e analizza tutti i disordini dell'anca e del pube senza analizzare la biomeccanica della corsa.
Stress fractures and knee injuries in runners.	Hoch AZ	Analizza tramite un piccolo paragrafo le alterazioni anatomiche come il piede cavo o piatto che possono aumentare lo stress sull'articolazione senza approfondire il tema.
Stress fractures in athletes.	Fredericson M	Review che analizza le fratture da stress con un minimo accenno alle alterazioni biomeccaniche.

Plantar Fasciitis in Runners	Barbara L. Hlarren	Review che analizza la fascite plantare senza soffermarsi sulle alterazioni biomeccaniche della corsa da prendere in considerazione come dei fattori di rischio.
Etiology, Prevention, and Early Intervention of Overuse Injuries in Runners: a Biomechanical Perspective	Alan Hreljac	Vengono analizzate le alterazioni antropometriche e la loro correlazione con le RRI con un minimo accenno sulle alterazioni biomeccaniche cinetiche/cinematiche.
Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis.	Almeida MO	Questa revisione analizza i vari pattern di foot-strike presenti in letteratura senza metterli in relazione a determinate RRI.

3.1.3 Tabella sinottica degli articoli inclusi

Autore e rivista	Nome articolo	Tipologia articolo	Obiettivi	Interventi	Outcomes	Risultati	Note del revisore
Jodi Aderem, Quinette A. Louw- BMC Musculoskeletal Disorders	Biomechanical risk factors associated with iliotibial band syndrome in runners: a systematic review	Revisione sistematica a meta-analisi	Fornire una sintesi aggiornata dei fattori di rischio biomeccanici del tronco, della pelvi e dell'arto inferiore associati alla sindrome della bandelletta iliotibiale nei corridori	Sono stati revisionati studi che consideravano vari fattori di rischio biomeccanici (distali e prossimali, dal tronco alla caviglia) e messi in confronto tra runners con ITBS o che la svilupperanno rispetto ai controlli sani	Tutti i fattori di rischio biomeccanici presenti in letteratura	Dall'analisi quantitativa emerge che le runners donne con ITBS hanno un maggiore picco di rotazione interna del ginocchio e quello di flessione ipsilaterale di trono senza poter trarre da ciò delle raccomandazioni cliniche. Solo uno studio prospettico trova l'aumentata adduzione delle anche e rotazione interna del ginocchio come fattore di rischio della ITBS pertanto l'evidenza è limitata	Nonostante i risultati della meta-analisi non si può trarre la conclusione che esista alcun fattore di rischio per l'insorgenza della ITBS. Solamente uno studio prospettico di bassa qualità identifica infatti due fattori di rischio: l'aumento del picco di adduzione delle anche e quello di rotazione interna di ginocchio
Anna Lorimer, Patria Hume- Sports Med	Achilles tendon injury risk factors associated with running	Revisione sistematica a	Rafforzare le prove di efficacia che esistano dei fattori di rischio biomeccanici per l'insorgenza di patologie a carico del tendine d'achille	È stata revisionata la letteratura che indaga i fattori di rischio e le misure biomeccaniche che risultano essere alterate nei runners con lesioni del tendine d'achille, escluse le rotture	Fattori di rischio intrinseci ed estrinseci. È stata presa in considerazione da noi la biomeccanica della corsa e in particolare: vertical ground reaction force, Peak propulsive force e peak braking force	Un alto picco di vertical ground reaction force ha un grande effetto nel ridurre il rischio di lesioni al tendine. Il Peak propulsive force ha un piccolo effetto protettivo mentre il peak braking force aumenta di molto il rischio di lesioni	Molti fattori di rischio sono stati associati nel tempo alle lesioni del tendine d'achille (es. la pronazione eccessiva del retro-piede) ma di esse solo un grande peak braking force sembra essere un chiaro fattore di rischio
Maryke Louw, Clare Deary- Physical Therapy in Sport	The biomechanical variables involved in the aetiology of iliotibial band syndrome in distance runners - A systematic review of the literature	Revisione Sistematica a	Indagare le variabili biomeccaniche implicite nell'eziologia dell'ITBS nei runners di lunga distanza	È stata revisionata la letteratura che indagava gli aspetti biomeccanici dinamici coinvolti nell'insorgenza della ITBS in un campione di pazienti affetti da ITBS o che l'hanno sviluppata durante lo studio	Parametri biomeccanici dinamici degli arti inferiori, prossimali e distali, dall'anca alla caviglia	Al contatto del tallone al suolo: riduzione dell'inversione del retro-piede, della rotazione interna tibiale e dell'adduzione delle anche. Durante la stance: maggiore rotazione interna di ginocchio e diminuzione del movimento totale dell'anca. L'aumento della rotazione interna di ginocchio e dell'adduzione delle anche sono considerati da alcuni come dei fattori di rischio	Tutte queste alterazioni sono confermate da prove molto limitate e che quindi non consentono di trarre delle conclusioni certe. Allo stesso tempo per tutti i reperti non è dimostrato un nesso di causalità ma solo un'associazione
Rene' Korsgaard Brund- Journal of Science and Medicine in Sport	Medial shoe-ground pressure and specific running injuries: A 1-year prospective cohort study	Studio prospettico di coorte	Indagare se la distanza percorsa fino al primo infortunio AMP (fascite plantare, TA, MTSS) dipendeva dall'equilibrio del piede durante la fase di appoggio nei corridori maschi	È stato calcolato l'equilibrio di entrambi i piedi in 79 runner maschi durante una corsa di 5000 m su tapis roulant alla massima velocità. L'equilibrio è stato calcolato dividendo la media della pressione laterale con la media della pressione mediale	L'outcome analizzato era il numero di chilometri percorsi fino alla comparsa della prima RRI durante il follow-up. Un infortunio è stato definito come un'assenza dalla corsa per un minimo di una settimana a causa di disturbi muscoloscheletrici agli arti inferiori o alla schiena, causati dalla corsa.	Coloro che rientravano nel gruppo LP (pressione laterale) hanno sviluppato un numero minore di RRI (n = 59) rispetto a quelli del gruppo MP (pressione mediale) che hanno avuto un numero maggiore (n = 99) dopo 1500 chilometri di corsa	Il limite di questo studio è che analizza 3 RRI senza prendere in considerazione le altre. Prima di promuovere un appoggio più laterale del piede bisognerebbe essere certi che questo non possa rappresentare un fattore di rischio per le altre RRI non citate

Autore e rivista	Nome articolo	Tipologia articolo	Obiettivi	Interventi	Outcomes	Risultati	Note del revisore
Henk van der Worp, Jelte Vrielink, Steef Bredeweg- British Journal of Sports Medicine	Do runners who suffer injuries have higher ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis	Revisione sistematica con meta-analisi	Verificare le prove di efficacia presenti in letteratura che mettono in relazione i parametri del Vertical ground reaction force (VGRF) e le RRI	Sono stati considerati 3 parametri del VGRF. Il vertical loading rate, il picco passivo da impatto e il picco attivo propulsivo	Parametri del vertical ground reaction force: vertical loading rate, passive peak, active peak	Se comparati con il gruppo di controllo sia i pazienti con frattura da stress che quelli con tutti i tipi di RRI presentavano un vertical loading rate maggiore mentre non vi erano differenze tra i due gruppi per quanto riguarda il picco passivo e quello attivo	A differenza degli studi sulle fratture da stress e le RRI in generale, quelli che analizzano le RRI singolarmente avevano i partecipanti sintomatici al momento dello studio per cui è possibile che diminuissero il loro LR per evitare il dolore. In futuro sarebbero necessari maggiori studi prospettici con tutti i partecipanti sani
Matthew D. Mucha, Wade Caldwell, Emily L. Schlueter, Carl Walters, Amy Hassen- Journal of Science in Sport and Medicine	Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: A systematic review	Revisione sistematica	Determinare l'associazione tra la forza degli abductori d'anca e le RRI	Sono stati revisionati gli studi sui runners sani o infortunati che analizzavano l'associazione delle lesioni con la forza degli abductori	Forza degli abductori misurata tramite dinamometria o manuale meccanica (macchinari)	Tra tutte le RRI indagate è stata trovata un'associazione solo con l'ITBS tramite studi cross sectional di moderata-alta qualità	L'associazione riscontrata in questi studi non dimostra un nesso di causalità tra la debolezza degli abductori e l'ITBS. Un grosso problema sta nella eterogeneità dei campioni degli studi (varie tipologie di runners) e nella diversa misurazione della forza (dinamometro manuale o macchinari fissi)
Robert Laurent Axel Kenneth Meijer, Daniel Theisen- Gait & Posture	Plantar pressure measurements and running-related injury: A systematic review of methods and possible associations	Revisione sistematica	Identificare un'associazione tra le forze e le caratteristiche della pressione plantare con l'insorgenza delle RRI	Sono stati revisionati tutti gli studi che analizzavano la pressione plantare e altre caratteristiche del foot-strike messe in relazione con determinate RRI in runners amatoriali o professionisti	Forza e pressione plantare, localizzazione delle forze plantari, area di contatto, timing e parametri della falcata	Non sono state ritrovate correlazioni consistenti tra i vari modelli biomeccanici e l'insorgenza di RRI	Il problema più grande è dato dalla scarsa qualità degli studi su cui è stata condotta la RS (nessun RCT). Inoltre ci vorrebbe una standardizzazione dei parametri da prendere in considerazione così come i metodi e gli strumenti per misurarli
Bradley S. Neal, Christian J. Barton, Rosa Gallie, O'Halloran, Morrissey Gait & Posture	Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis	Revisione sistematica con meta-analisi	Questa revisione sistematica mira a guidare il trattamento e la prevenzione della PFPS sintetizzando gli studi che dimostrano una relazione tra le alterazioni biomeccaniche e la PFPS	Sono stati analizzati gli studi che misuravano varie alterazioni biomeccaniche all'interno di un campione composto da soggetti affetti da PFPS	Tutte le alterazioni biomeccaniche associate alla PFPS	Prove molto limitate che un aumento del picco di forza degli adduttori d'anca sia un fattore di rischio per la PFPS mentre esistono prove da moderate a elevate che attestano la relazione tra un aumento del picco di forza degli adduttori e dei rotatori interni d'anca, un aumento della caduta del bacino controlaterale e una diminuzione della flessione d'anca con la PFPS	È necessaria una maggiore qualità metodologica degli studi così come un campione maggiore all'interno degli studi stessi. Il problema principale è che è dimostrata una relazione tra alcune alterazioni biomeccaniche e la PFPS ma non il nesso di causalità alla base della sua insorgenza

Nome articolo e rivista	Nome articolo	Tipologia articolo	Obiettivi	Interventi	Outcomes	Risultati	Note del revisore
Maarten H. Moen, Johannes L. Tol, Adam Weir, Miriam Steunebrink and Theodorus C. De Winter- Sports Med	Medial tibial stress syndrome	Revisione critica	Effettuare una revisione critica della letteratura sulla sindrome da stress medio tibiale dalla definizione fino al trattamento passando per i fattori di rischio biomeccanici	Identificare i fattori di rischio presenti in letteratura della MTSS	I fattori biomeccanici correlati con la MTSS	La pronazione è un fattore di rischio della MTSS con un livello di evidenza di tipo 1 mentre un eccessivo ROM dell'anca in RE e RI rappresenta un fattore di rischio con evidenza di tipo 2	Il grosso limite di questo studio risiede nella natura stessa dello studio, sarebbe necessario integrare con una revisione sistematica della letteratura con meta-analisi che analizzi solo i fattori di rischio biomeccanici
Maarten P. van der Worp, Nick van der Horst, Anton de Wijer, Frank J.G. Backx, Maria W.G. Nijhuis-van den Sanden- Sports Med	Iliotibial band syndrome in runners	Revisione sistematica	Revisionare la letteratura disponibile sull'eziologia, diagnosi e trattamento della ITBS.	Sono stati revisionati studi di tipo trial clinici, osservazionali e revisioni sistematiche con focus sull'eziologia, diagnosi e trattamento della ITBS nei runners adulti (>18)	Tutte le alterazioni biomeccaniche, prossimali e distali presenti nei soggetti con ITBS.	Varie alterazioni biomeccaniche sono state correlate alla ITBS come un'eccessiva adduzione delle anche, rotazione interna di ginocchio, eversione del retro-piede e debolezza degli abduttori ma per nessuna di queste ci sono prove di alta qualità bensì prove abbastanza contrastanti. Le migliori evidenze si hanno per la debolezza degli abduttori.	Dagli studi riguardanti la biomeccanica dei runners (cinetica e cinematica) non risulta chiaro se le alterazioni riscontrate in alcuni studi e con prove discordanti siano alla base della ITBS o la conseguenza della stessa dato che sembrerebbe pure che tali alterazioni cambino pure a seconda della acuità della sintomatologia.

3.1.4. Tabelle valutazione qualitativa

AMSTAR II – Assessing the Methodological Quality of Systematic Reviews

Legenda Risk of Bias (RoB):

- + Low risk of bias (Yes)
- +/- Moderate risk of bias (Partial yes)
- High risk of bias (No)

Autore	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Item 13
Van der Worp	+	+	+	+/-	+	+	+/-	-	-	-	+	-	+
Matthew D. Mucha	+	+/-	-	+/-	+	+	-	+/-	+/-	-			
Maarten P. van der Worp	+	+/-	+/-	+	+	-	-	+/-	-	+			
Bradley S. Neal	-	-	+	+/-	+	+	-	+/-	-	-	+	+	+
Maryke Louw	+	-	+	+/-	-	-	-	+/-	+	-			
Robert Mann	+	-	+	+	+	-	-	+/-	-	-			
Maarten H. Moen	-	-	+	+/-	-	-	-	+/-	-	-			
Jodi Aderem	+	-	+	+/-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Anna V. Lorimer	-	+/-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-

Newcastle-Ottawa Quality Assessment Form for Cohort Studies.

Legenda risk of bias:

+ Low risk of bias (Yes)

- High risk of bias (No)

Good quality: 3 or 4 stars in selection domain AND 1 or 2 stars in comparability domain AND 2 or 3 stars in outcome/exposure domain

Fair quality: 2 stars in selection domain AND 1 or 2 stars in comparability domain AND 2 or 3 stars in outcome/exposure domain

Poor quality: 0 or 1 star in selection domain OR 0 stars in comparability domain OR 0 or 1 stars in outcome/exposure domain

Autore	selection				comparability		outcome		
Rene B. Korsgaard Brund	-	-	*	*	*	*	-	*	*

4. Discussione

L'obiettivo di questa revisione era quello di identificare eventuali fattori di rischio legati alla biomeccanica della corsa in grado di causare l'insorgenza di vari disordini muscoloscheletrici nei runners, sia amatoriali che professionisti senza limiti di sesso né di età.

Da un numero iniziale di 64 articoli sono stati selezionati 10 articoli: 8 di essi erano revisioni sistematiche di cui 4 con meta-analisi, 1 revisione critica e solo uno era uno studio osservazionale.

Nonostante l'outcome preso in considerazione inizialmente fosse ampio e non focalizzato su determinate patologie la ricerca si è ristretta automaticamente a quei disturbi che in letteratura sono conosciuti con l'acronimo di RRI ovvero running related injuries. Tra di essi quelli presi in considerazione all'interno degli articoli selezionati sono stati: la sindrome dolorosa femoro-rotulea (PFPS), la sindrome della bandelletta ileo-tibiale (ITBS), la sindrome da stress medio-tibiale (MTSS), la tendinopatia achillea (TA), la fascite plantare e le fratture da stress. Alcuni studi inclusi analizzavano i fattori di rischio biomeccanici di un'unica patologia mentre altri analizzavano un singolo fattore biomeccanico e i disordini ad esso associato.

Tra i fattori di rischio biomeccanici il vertical ground reaction force, VGRF che è la misura della forza dell'impatto al suolo durante il footstrike è stato associato all'insorgenza delle fratture da stress in particolare ma anche delle RRI in generale (79).

Un altro tema molto discusso in letteratura è stato quello del contatto del piede al suolo o footstrike. Nessuno studio preso in considerazione all'interno di questa revisione ha trovato un nesso di causalità tra le varie tipologie di contatto del piede al suolo (mediopiede, retropiede o avanpiede) con le RRI. In particolare una revisione inclusa (76) ha cercato di identificare un'associazione tra le forze e le caratteristiche della pressione plantare (forza e pressione

plantare, localizzazione delle forze plantari, area di contatto, timing e parametri della falcata) con l'insorgenza delle RRI (76). Il risultato è stato che non sono state ritrovate correlazioni consistenti tra i vari modelli biomeccanici e l'insorgenza di RRI (76).

Sempre per quanto riguarda il footstrike, uno studio prospettico del 2017 ha voluto indagare se la distanza percorsa fino al primo infortunio (fascite plantare, TA, MTSS) dipendesse dall'appoggio del piede durante la fase di *stance* nei corridori maschi ed è stato visto che coloro che rientravano nel gruppo LP (pressione laterale) hanno sviluppato un numero minore di RRI (n = 59) rispetto a quelli del gruppo MP (pressione mediale) che hanno avuto un numero maggiore (n = 99) dopo 1500 chilometri di corsa. Il limite di questo studio è che non analizza tutte le RRI ma solo 3 di esse e sostanzialmente quelle che riguardano i segmenti più distali (74).

Una delle RRI maggiormente studiata in letteratura e sicuramente la sindrome della bandelletta ileotibiale. Varie alterazioni biomeccaniche sono state associate ad essa: eccessiva adduzione delle anche, rotazione interna di ginocchio, eversione del retro-piede e debolezza degli abduttori ma per nessuna di queste ci sono prove di alta qualità bensì prove abbastanza contrastanti (73).

Dall'analisi quantitativa di un altro studio emerge che le runner donna con ITBS hanno un maggiore picco di rotazione interna del ginocchio e quello di flessione ipsilaterale d'anca (71).

Secondo un altro studio incluso nella revisione, al contatto del tallone al suolo si verifica una riduzione dell'eversione del retro-piede, della rotazione interna tibiale e dell'adduzione delle anche mentre durante la fase di *stance* si verifica una maggiore rotazione interna di ginocchio e diminuzione del movimento totale dell'anca (78). L'aumento della rotazione interna di ginocchio e dell'adduzione delle anche sono considerati da alcuni come dei fattori di rischio (78).

Anche secondo un'altra revisione sistematica è stata ritrovata un'associazione tra la debolezza degli abduttori misurata mediante dinamometria manuale e meccanica e la sindrome della bandelletta ileotibiale (72).

Di tutte queste alterazioni biomeccaniche quelle riscontrate maggiormente nei vari studi sono un'eccessiva adduzione delle anche e rotazione interna di ginocchio nonché una debolezza degli abduttori d'anca. Per nessuna di queste o delle altre alterazioni riscontrate è stato possibile dimostrare un nesso di causalità con l'insorgenza della ITBS ma solo un'associazione anche perché il campione era composto da soggetti già affetti da tale disordine (71;72;73;74).

La sindrome femoro-rotulea è una delle principali RRI e rappresenta tra il 25 e il 40% di tutti i problemi al ginocchio nei corridori (54). Secondo una meta-analisi del 2015 (76) esistono prove molto limitate che un aumento del picco di forza degli adduttori d'anca sia un fattore di rischio per la PFPS mentre esistono prove da moderate a elevate che attestano la relazione tra un aumento del picco di forza degli adduttori e dei rotatori interni d'anca, un aumento della caduta del bacino controlaterale e una diminuzione della flessione d'anca con la PFPS (77). Gli studi inclusi in questa revisione erano stati eseguiti su una popolazione di pazienti affetti da PFPS e di conseguenza non è stato possibile dimostrare se tali alterazioni fossero alla base della patologia o una conseguenza della stessa (77).

Anche la tendinopatia achillea e le lesioni in generale a carico di questo tendine sono molto diffuse nei corridori. Secondo una revisione del 2014 (70) l'unico fattore in grado di aumentare notevolmente il rischio di disordini al tendine è un elevato *peak braking force* ovvero il picco di forza frenante che avviene immediatamente dopo il footstrike mentre un alto picco di VGRF ha un grande effetto nel ridurre il rischio di lesioni e il *peak propulsive force* ovvero il picco di forza della fase propulsiva ha un piccolo effetto protettivo (70).

Secondo invece una revisione critica della letteratura la pronazione è un fattore di rischio elevato della sindrome da stress mediotibiale mentre un eccessivo

ROM dell'anca in rotazione esterna e interna rappresenta anch'esso un fattore di rischio seppur minore (75).

La qualità metodologica degli studi inclusi all'interno della revisione era bassa per quanto riguarda tutte le revisioni sistematiche tranne quella di Wan der Worp et al. del 2015 che è di buona qualità. Sempre di buona qualità è lo studio prospettico di René B. Korsgaard Brund et al. del 2017.

5. Conclusioni

Molte alterazioni biomeccaniche legate alla corsa sono state associate negli anni all'insorgenza dei disordini muscoloscheletrici noti come *running related injuries* (RRI) nei corridori. Per alcuni di essi esistono studi che ne dimostrano un'associazione più o meno forte e in particolar modo un'associazione tra la debolezza degli abduuttori d'anca, l'eccessivo picco di forza degli adduttori d'anca e l'eccessiva rotazione interna di ginocchio con la sindrome della bandelletta ileotibiale; l'eccessivo *vertical ground reaction force* per le fratture da stress e le RRI in generale; un'eccessiva pronazione del piede e un aumento del ROM in rotazione interna ed esterna per la sindrome da stress medio-tibiale; un'elevato *peak braking force* per i disordini a carico del tendine d'achille; un aumento del picco di forza degli adduttori e dei rotatori interni d'anca, un aumento della caduta del bacino controlaterale e una diminuzione della flessione d'anca per la sindrome dolorosa femoro-rotulea; l'appoggio mediale del piede (pronazione) durante la fase di *stance* per la fascite plantare, la sindrome da stress medio-tibiale e la tendinopatia achillea.

Per nessuna di queste alterazioni è stato dimostrato un nesso di causalità ma solo una relazione. La difficoltà è dettata dal fatto che il campione degli studi su cui venivano eseguite le revisioni sistematiche era composto da pazienti che presentavano il disturbo al momento della raccolta dati e di conseguenza è impossibile dimostrare se tali alterazioni biomeccaniche erano dettate dalla patologia o una conseguenza della sintomatologia dolorosa legata alla stessa.

In futuro sarebbe opportuno incrementare la ricerca scientifica con studi prospettici di maggiore qualità metodologica su soggetti sani per andare a indagare l'eventuale insorgenza di specifiche RRI.

6. Bibliografia

1. Van Middelkoop M., Kolkman J., Van Ochten J., et al. Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(6):691–7. doi: 10.1111/j.1600-0838.2007.00768.x.
2. Taunton J.E., Ryan M.B., Clement D.B., et al. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 2002;36(2):95–101. doi: 10.1136/bjsm.36.2.95.
3. USA R. 2012 State of the Sport Part II: Running Industry Report. 2013
4. Asics. Reasons to run. Available at: Accessed June 24, 2014, 2014.
5. Hespanhol Junior LC, Pillay JD, van Mechelen W, Verhagen E. Meta-analyses of the effects of habitual running on indices of health in physically inactive adults. *Sports Med*. 2015a;45:1455-1468.
6. Williams P.T. Relationship of distance run per week to coronary heart disease risk factors in 8283 male runners: the National Runners' Health Study. *Arch Intern Med*. 1997;157(2):191–8. doi: 10.1001/archinte.1997.00440230063008.
7. Ghorbani F, Heidarimoghadam R, Karami M, Fathi K, Minasian V, Bahram ME. The effect of six-week aerobic training program on cardiovascular fitness, body composition and mental health among female students. *J Res Health Sci* 2014;14:264–7.
8. Almeida, M. O., Davis, I. S., & Lopes, A. D. (2015). Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(10), 738–755.
9. Bertola I.P., Sartori R.P., Correa D.G., Zotz T.G., Gomes A.R. (2014) Profile of injuries prevalence in athletes who participated in SESC Triathlon Caioba-2011. *Acta Ortopédica Brasileira* 22, 191-1916.
10. Hauret K.G., Bedno S., Loring K., Kao T.C., Mallon T., Jones B.H. (2015) Epidemiology of exercise- and sports-related injuries in a population of young, physically active adults: A survey of military servicemembers. *American Journal of Sports Medicine* 43, 2645-2653.

11. Salmon P.M., Goode N., Lenné M.G., Finch C.F., Cassell E. (2014) Injury causation in the great outdoors: a systems analysis of led outdoor activity injury incidents. *Accident Analysis and Prevention* 63, 111-120
12. Videbaek S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015;45:1017-1026
13. Koplan JP, Rothenberg RB, Jones EL. The natural history of exercise: a 10-yr follow-up of a cohort of runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:1180-1184. 3.
14. Nielsen RO, Ronnow L, Rasmussen S, Lind M. A prospective study on time to recovery in 254 injured novice runners. *PLoS One.* 2014c;9:e99877.
15. Bertelsen ML, Hulme A, Petersen J, Brund RK, Sørensen H, Finch CF, Parner ET, Nielsen RO. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2017; 27(11), 1170–1180.
16. Satterthwaite P, Norton R, Larmer P, et al. Risk factors for injuries and other health problems sustained in a marathon. *Br J Sports Med* 1999 Feb; 33 (1): 22-6
17. Van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, et al. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med* 2007 Aug; 41 (8): 469-80 6.
18. 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* 2008 Apr; 18 (2): 140-4
19. Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Costa LOP. *What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? Sports Medicine, 2012; 42(10), 891–905.*
20. Wen, D. Y. (2007). *Risk factors for overuse injuries in runners. Current Sports Medicine Reports, 6(5), 307–313.*
21. Van Mechelen W: Running injuries: a review of the epidemiological literature. *Sports Med* 1992, 14:320–335.
22. Hreljac A. Impact and overuse injuries in runners. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:845–9. 4

23. Malisoux L, Nielsen RO, Urhausen A, et al. A step towards understanding the mechanisms of running-related injuries. *J Sci Med Sport* 2015;18:523–8
24. Messier SP, Martin DF, Mihalko SL, Ip E, DeVita P, Cannon DW, Love M, Beringer D, Saldana S, Fellin RE, Seay JF. A 2-Year Prospective Cohort Study of Overuse Running Injuries: The Runners and Injury Longitudinal Study (TRAILS). *Am J Sports Med.* 2018 Jul;46(9):2211-2221
25. Finch C. A new framework for research leading to sports injury prevention. *J Sci Med Sport.* 2006;9:3-9.
26. Dicharry J. Kinematics and kinetics of gait: from lab to clinic. *Clin Sports Med* 2010;29(3):347– 64.
27. Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture* 1998;7:77–95.
28. Brukner P, Khan K. Biomechanics of Common Sporting Injuries. In: *Clinical sports medicine*. 3rd edition. Sydney (Australia): McGraw-Hill; 2008. p. 40–61.
29. Dugan S, Bhat K. Biomechanics and analysis of running gait. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 2005;16(3):603–21.
30. Ounpuu S. The biomechanics of walking and running. *Clin Sport Med* 1994;13(4): 843– 63.
31. Nicola TL, Jewison DJ. The anatomy and biomechanics of running. *Clin Sports Med.* 2012 Apr;31(2):187-201. doi: 10.1016/j.csm.2011.10.001. Epub 2011 Dec
32. Perry J. Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clin Orthop Relat Res* 1983; (177): 9–15.
33. Prilutsky B, Zatsiorsky V. Tendon action of two-joint muscles: transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing, and running. *J Biomech* 1994;27(1): 25–34.
34. Abt J, Sell T, Chu Y, et al. Running kinematics and shock absorption do not change after brief exhaustive running. *J Strength Cond Res* 2011;25(6):1479–85.

35. Tweed J, Campbell J, Avil S. Biomechanical risk factors in the development of medial tibial stress syndrome in distance runners. *J Am Podiatr Med Assoc* 2008;98(6):436 – 44.
36. Schache A, Bennell K, Blanch P, et al. The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running: a literature review. *Gait and Posture* 1999;10:30 – 47.
37. James SL, Bates BT, Ostemig LR. Injuries to runners. *Am J Sports Med* 1978; 6 (2): 40-50
38. Berbrayer D, Fredericson M. *PM R*. 2014 Feb;6(2):159-69. Epub 2013 Dec 21. Review. Update on evidence-based treatments for plantar fasciopathy.
39. Michael Fredericson. *Common Injuries in Runners Diagnosis, Rehabilitation and Prevention*. *Sports Med*. 1996 Jan: 21 (1):49-72
40. Martin RL, Davenport TE, Reischl SF, McPoil TG, Matheson JW, Wukich DK, McDonough CM; *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014 Nov;44(11):A1-33. doi: 10.2519/jospt.2014.0303. Heel pain-plantar fasciitis: revision 2014. American Physical Therapy Association.
41. Chang KV1, Chen SY, Chen WS, Tu YK, Chien KL. Epub 2012 Mar 12. Comparative effectiveness of focused shock wave therapy of different intensity levels and radial shock wave therapy for treating plantar fasciitis: a systematic review and network meta-analysis.
42. S Cutts, N Obi, C Pasapula, W Chan Plantar fasciitis *Ann R Coll Surg Engl* 2012; 94: 539–542
43. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 2002;36:95.
44. Van Gent RN. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2007;4:469–80.

45. Fredericson M. Practical management of iliotibial band friction syndrome in runners. *Clin J Sport Med.* 2006;16:261–8.
46. Hamill J, Miller R, Noehren B, Davis I. A prospective study of iliotibial band strain in runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2008;23:1018.
47. Orchard JW. Biomechanics of iliotibial band friction syndrome in runners. *Am J Sports Med.* 1996;24:375–9.
48. Fredericson M, Wolf C. Iliotibial band syndrome in runners. *Med Sport.* 2005;35:451–
49. Fredericson M. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clin J Sport Med.* 2000;10:169–75.
50. der Worp v, Maarten P. Iliotibial band syndrome in runners. *Sports Med.* 2012;42:969–92.
51. Louw M, Deary C. The biomechanical variables involved in the aetiology of iliotibial band syndrome in distance runners - A systematic review of the literature. *Physical Therapy Sport.* 2014;15:64–75.
52. Powers CM. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003 Nov;33(11):639-46. Review.
53. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, McConnell J, Vicenzino B, Bazett-Jones DM, Esculier JF, Morrissey D, Callaghan MJ. *Br J Sports Med.* 2016 Jul;50(14):839-43.
54. Boling M, Padua D, Marshall S, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler Scand. *J Med Sci Sports.* 2010 Oct;20(5):725-30.
55. Rathleff MS, Rathleff CR, Crossley KM, Barton CJ
Br J Sports Med. 2014 Jul;48(14):1088. doi: 10.1136/bjsports-2013-093305.
Epub 2014 Mar 31. Review.
56. Collins N, Crossley K, Beller E, Darnell R, McPoil T, Vicenzino B.
Br J Sports Med. 2009 Mar;43(3):169-71.
57. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40:42–51.

58. Clanton TO, Solcher BW. Chronic leg pain in the athlete. *Clin Sports Med* 1994 Oct; 13 (4): 743-59
59. Arendt EA, Griffiths H. The use of MR imaging in the assessment and clinical management of stress reactions of bone in high performance athletes. *Clin Sports Med* 1997 Apr; 16 (2): 291-306
60. Detmer DE. Chronic shin splints: classification and management of medial tibial stress syndrome. *Sports Med* 1986 Nov-Dec; 3 (6): 436-46
61. Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med* 2004 Apr-May; 32 (3): 772-80
62. Vleck VE, Garbutt G. Injury and training characteristics of male elite, development squad, and club triathletes. *Int J Sports Med*. 1998;19(1):38-42.
63. Muraoka T, Muramatsu T, Fukunaga T, Kanehisa H. Geometric and elastic properties of in vivo human Achilles tendon in young adults. *Cells Tissues Organs*. 2004;178(4):197-203.
64. Danielson P, Reviving the "biochemical" hypothesis for tendinopathy: new findings suggest the involvement of locally produced signal substances, *Br J Sports Med* 2009 43:265-268)
65. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med* 2009 43(6):409-16
66. Matheson GO, Clement DB, McKenzie DC, et al. Stress fractures in athletes: a study of 320 cases. *Am J Sports Med* 1987; 15: 46-58
67. Daffner RH, Pavlov H. Stress fractures: current concepts. *AJR Am J Roent* 1992; 159: 245-252
68. McBryde AM. Stress fractures in runners. *Clin Sports Med* 1985; 4: 737-52
69. Griffiths HJ, Galloway HR, Tribble J. The MR spectrum of stress injury to bone and its clinical relevance. *Am J Sports Med*. In press

70. Lorimer AV, Hume PA. Achilles tendon injury risk factors associated with running. *Sports Med.* 2014 Oct;44(10):1459-72. doi: 10.1007/s40279-014-0209-3. Review.
71. Aderem J, Louw QA. Biomechanical risk factors associated with iliotibial band syndrome in runners: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015 Nov 16;16:356
72. Mucha MD, Caldwell W, Schlueter EL, Walters C, Hassen A. Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: A systematic review. *J Sci Med Sport.* 2017 Apr;20(4):349-355.
73. Maarten P. Van der Worp MP, van der Horst N, de Wijer A, Backx FJ, Nijhuis-van der Sanden MW. Iliotibial band syndrome in runners: a systematic review. *Sports Med.* 2012 Nov 1;42(11):969-92
74. Brund RBK, Rasmussen S, Nielsen RO, Kersting UG, Laessoe U, Voigt M. Medial shoe-ground pressure and specific running injuries: A 1-year prospective cohort study. *J Sci Med Sport.* 2017 Sep;20(9):830-834.
75. Maarten H. Moen, Johannes L. Tol, Adam Weir, Miriam Steunebrink and Theodorus C. De Winter. Medial Tibial Stress Syndrome A Critical Review. *Sports Med* 2009; 39 (7): 523-546
76. Mann R, Malisoux L, Urhausen A, Meijer K, Theisen D. Plantar pressure measurements and running-related injury: A systematic review of methods and possible associations. *Gait Posture.* 2016 Jun;47:1-9.
77. Bradley S. Neal, Barton CJ, Gallie R, O'Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture.* 2016 Mar;45:69-82.
78. Louw M, Deary C. The biomechanical variables involved in the aetiology of iliotibial band syndrome in distance runners - A systematic review of the literature. *Phys Ther Sport.* 2014 Feb;15(1):64-75.

79. Van der Worp H1, Vrielink JW1, Bredeweg SW1. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2016 Apr;50(8):450-7.