



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. 2022/2023

Campus Universitario di Savona

# L'efficacia del running retraining nei runner con patologie da overuse del distretto piede-caviglia

Candidato:

Dott.ssa FT Silvia Ciceri

Relatore:

Dott. FT OMPT

Francesco Armadi



# Sommario

## ABSTRACT

<b>1.BACKGROUND</b> .....	<b>6</b>
1.1 I benefici della corsa .....	6
1.2 Gli infortuni nella corsa .....	7
1.2.1 Fattori di rischio ed eziologia .....	12
1.2.2 Biomeccanica della corsa e infortuni .....	14
1.3 Running retraining .....	15
1.3.1 Strategie di modifica del pattern della corsa .....	15
1.4 Obiettivo dello studio .....	16
<b>2. MATERIALI E METODI</b> .....	<b>17</b>
2.1 Strategie di ricerca, quesiti clinici e banche dati analizzate .....	17
2.2 Parole chiave .....	17
2.3 Stringa di ricerca .....	18
2.3.1 La stringa di ricerca su Pubmed .....	19
2.3.2 La stringa di ricerca su Cochrane Library .....	21
2.3.3 La stringa di ricerca su Scopus .....	22
2.4 Selezione degli studi e criteri di inclusione ed esclusione .....	23
2.5 Estrazione dei dati .....	23
2.6 Valutazione metodologica .....	24
2.7 Analisi dei dati .....	24
<b>3. RISULTATI</b> .....	<b>25</b>
3.1 Selezione degli studi e flow chart .....	25
3.2 Valutazione del rischio di bias degli studi inclusi .....	26
3.3 Estrazione dei dati .....	28
3.4 Sintesi dei risultati .....	29
<b>4.DISCUSSIONE</b> .....	<b>32</b>
<b>5.CONCLUSIONI</b> .....	<b>38</b>
<b>6.BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>39</b>

## ABSTRACT

**BACKGROUND.** In letteratura la corsa viene definita una medicina per il benessere. Sono noti i benefici di questa attività dal punto di vista della salute cardiovascolare, metabolica, muscoloscheletrica e cognitiva, ai fini della prevenzione di patologie croniche e invalidanti e della riduzione del rischio di morte prematura pari al 25-40%. È importante sottolineare come però gli infortuni siano molto frequenti nella popolazione runner (19 al 78%) con una percentuale importante rappresentata dalle lesioni da overuse (70-80%, 34,5% dei quali nel distretto piede caviglia: fascite plantare, sindrome compartimentale cronica (CECS), medial tibial stress syndrome (MTSS), tendinopatia achillea). Analizzando i fattori di rischio principali per la manifestazione di questi infortuni è importante considerare un modello non solo biomeccanico ma che consideri anche gli aspetti biopsicosociali. Il running retraining è una strategia di trattamento valida nel runner infortunato. È però stata scarsamente indagata in letteratura la sua efficacia nel runner infortunato con lesione da overuse del distretto piede-caviglia.

**OBIETTIVI.** Lo scopo della tesi è comprendere l'efficacia del running retraining come tecnica riabilitativa per i runner affetti da patologie da overuse del distretto piede-caviglia ed indagare la possibile trasposizione clinica di modelli biomeccanici in un contesto clinico e riabilitativo multifattoriale.

**MATERIALI E METODI.** Per la stesura di questo elaborato sono stati consultati i seguenti database: Pubmed, Cochrane Library, Scopus. Il quesito clinico di ricerca ha indagato l'efficacia del running retraining nelle patologie da overuse del distretto piede-caviglia nella popolazione runner. Sono stati inclusi nella revisione studi scritti in lingua italiana o inglese, con popolazione >18 anni, studi che prevedessero interventi di modifica del pattern della corsa in soggetti runner con problematiche all'arto inferiore (gamba, piede e caviglia). L'estrazione dei dati è stata effettuata da un singolo esaminatore e la valutazione metodologica è stata svolta con la JBI. Le conclusioni degli studi sono state riportate all'interno di tabelle sinottiche.

**RISULTATI.** I record identificati dopo la ricerca nelle banche dati sono stati 477. La ricerca è stata effettuata nel periodo compreso tra ottobre 2022 e marzo 2023. Gli articoli inclusi nella revisione sono stati 4, di cui un RCT, due case series ed un case report. Gli studi presi in considerazione hanno proposto una modifica del pattern della corsa in soggetti runner con lesioni da overuse al distretto piede-caviglia. Gli studi inclusi hanno globalmente proposto un intervento di switch dal rarefoot al forefoot running pattern. L'RCT di Gamez Paya ha ottenuto questa modifica tramite l'utilizzo di floating heel shoes e feedback uditivo durante l'allenamento. La popolazione oggetto dell'intervento, affetta da fasciopia plantare, tendinopatia achillea, tendinopatia rotulea, ITBs, dopo 12 settimane di intervento ha diminuito la percezione del dolore e aumentato la funzionalità percepita (OSTRC-O). Allo stesso modo, i campioni degli studi di Breen, Diebal e Allison (pazienti con CECS), tramite la proposta di running retraining rivolto ad un forefoot running pattern (diminuzione della dorsiflessione prima dell'impatto,

aumento della cadenza, riduzione della lunghezza del passo) associati a feedback visivi, uditivi, cues verbali e videoanalisi hanno ottenuto riduzione della pressione intracompartimentale, aumento della funzione, riduzione del dolore.

**CONCLUSIONI.** Gli studi analizzati forniscono uno spunto importante per la trasposizione clinica dei modelli biomeccanici individuati come predisponenti all'infortunio nei runner affetti da patologie da overuse del distretto piede caviglia. Le conclusioni di questi studi sono a favore dell'adozione di un forefoot running pattern con l'obiettivo della riduzione del dolore, il miglioramento della funzione e della performance nelle patologie presentate. Questi dati potrebbero risultare fonte di interesse clinico perché il running retraining potrebbe rientrare nelle strategie di trattamento conservativo per i runner. I vantaggi stanno nel poter riprodurre il gesto sportivo come parte del trattamento, rendendo il paziente compliant allo stesso e soprattutto ridurre i rischi associati agli interventi chirurgici e il rischio di recidiva. Sono necessarie ulteriori studi con un campione più ampio per trarre delle conclusioni maggiormente valide.

# 1.BACKGROUND

## 1.1 I benefici della corsa

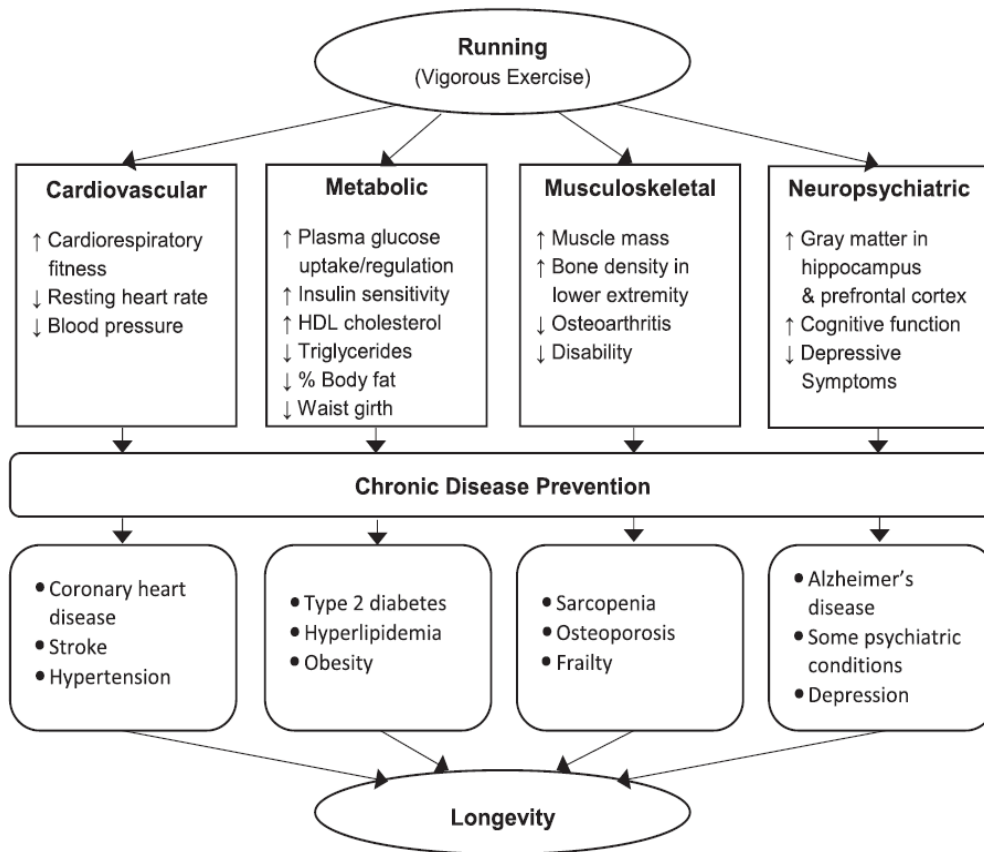
La letteratura scientifica è concorde nel definire la corsa come un'attività con importanti benefici. Si evidenzia come sia possa essere un fattore protettivo per le patologie croniche come il cancro, sia possa ridurre il rischio di mortalità per patologie cardiovascolari (CVD) (1) ma anche neurodegenerative come Parkinson o Alzheimer (2).

In particolare, chi pratica questa attività ha un rischio di morte prematura ridotto del 25-40% rispetto alla popolazione di *non runners* (3).

La corsa, attività che viene definita come vigorosa per il dispendio energetico che favorisce (>6 METS: *Metabolic Equivalent of Task*), agisce sulla salute globale dell'individuo grazie agli effetti su composizione corporea, profilo lipidico, sensibilità insulinica, glicemia, pressione arteriosa, densità ossea e sulla attivazione di alcuni ormoni (4) (*figura 1*). Inoltre, vi è correlazione con il miglioramento dello stato cognitivo.

Un marker dello stato di attività fisica di un individuo è il CRF (*cardiorespiratory fitness*), valore ottenuto a seguito di un test massimale su tapis roulant. Si è evidenziato come un basso valore di questo indice ha rappresentato il principale predittore di mortalità nel 16% di tutti i decessi per tutte le cause”(5). La corsa permette la riduzione del rischio di mortalità per CVD in virtù della sua azione sul CRF. Inoltre, un alto valore di CRF è associato ad un volume maggiore dell'ippocampo e della corteccia prefrontale: questo spiega la correlazione con la riduzione del rischio di morte in quadri neurodegenerativi.

Per i motivi sopra elencati, alcuni autori definiscono la corsa come una medicina per il benessere, riportando che la sedentarietà è uno dei fattori di rischio maggiormente incidenti sulla mortalità per tutte le cause, ancora prima di fumo, obesità, ipertensione, diabete(1)(2).



**Figura 1** Potenziali correlazioni tra la corsa e l'aumento della longevità (Lee, 2017)

## 1.2 Gli infortuni nella corsa

Gli infortuni nella popolazione dei runner (*RRMIs: running related musculoskeletal injuries*) sono abbastanza frequenti, con una percentuale che varia dal 19 al 78% (6). Di questi, il 70-80% è rappresentato dalle lesioni da overuse, che si verificano quando c'è uno squilibrio tra carico e capacità di carico.

Le regioni anatomiche maggiormente interessate sono il ginocchio e il distretto piede-caviglia. Secondo uno studio di Kakouris del 2020 (6) la patologia con maggiore incidenza nei runners è la tendinopatia achillea (AT, 10,3%), seguita dalla medial tibial stress syndrome (MTSS, 9,4%), dalla sindrome femoropatellare (PFPS, 6,3%) e dalla fascite plantare (7,9%). La prevalenza è invece maggiore per la PFPS (16,7%), seguita dalla MTSS (9,1%), dalla fascite plantare (7,9%) e dalla sindrome della bandelletta ileotibiale (ITBS, 7,9%) e AT (6,6%).

Analizzando i sotto-gruppi di questa popolazione, gli ultramaratoneti sono maggiormente esposti ad infortuni del distretto piede caviglia (34,5%), rappresentati in maggiore percentuale da Anterior Compartment tendinopathy, PFPS e AT. Nei runner non ultramaratoneti gli infortuni sono maggiormente localizzati al ginocchio, con un'incidenza superiore nei soggetti di sesso femminile. In questi soggetti si verificano più frequentemente AT, MTSS, PFPS, fascite plantare.

Gran parte di questi infortuni ha dei tempi di recupero piuttosto lunghi e un alto numero di recidive, che portano alla cessazione dell'attività sportiva nel 30-90% dei casi (7).

Di seguito si analizzeranno brevemente le patologie maggiormente ricorrenti nella popolazione in studio e la loro eziologia e rilevanza nel contesto dell'atleta runner (MTSS, AT, fasciopatìa plantare, frattura da stress, tendinopatia del tibiale posteriore, metatarsalgia, sindrome compartimentale cronica, tendinopatia peroneale).

### Medial Tibial Stress Syndrome

La medial tibial stress syndrome (MTSS), conosciuta anche come shin splints, medial tibial syndrome, tibial stress syndrome è un infortunio frequente nei runners, con una incidenza che varia dal 9,4% (6) al 17,3% (8). Il rischio di sviluppo di questa sindrome è più alto nei *recreational runners*, definiti come coloro che hanno intrapreso l'attività della corsa da meno di tre mesi (9) . Si tratta di una patologia da overuse che si manifesta principalmente con dolore localizzato lungo il margine posteromediale dei due terzi distali della tibia, indotto dall'esercizio attivo e dalla palpazione per 5 o più centimetri nella zona dolorosa (10).

### Tendinopatia achillea

La tendinopatia achillea (AT) è un disordine muscoloscheletrico da sovraccarico/overuse molto comune che colpisce la popolazione sportiva, in particolare runners e jumpers e una parte di popolazione sedentaria tra i 30 e i 55 anni (11). L'incidenza annuale di AT nei runner è pari a 9% (11) - 10,3% (6). Si può classificare in inserzionale (sintomi nei 2 cm prossimali all'inserzione



distale del tendine d'Achille) o midportion (sintomi 2-6 cm prossimali all'inserzione dei tendini, maggiormente frequente).

La manifestazione clinica di questa patologia è principalmente rappresentata dal dolore, in particolare all'inizio e alla fine della sessione di allenamento (12) . Durante la fase di allenamento il dolore tende a diminuire. Al progredire della patologia, il dolore tenderà a manifestarsi anche durante l'esercizio, fino ad arrivare ad interferire con le attività della vita quotidiana.

### Fasciopatìa plantare

La fasciopatìa plantare è una condizione dolorosa localizzata alla pianta del piede, conseguente ad un danno da microtraumi ripetuti. Il decorso è caratterizzato da una fase acuta tipicamente infiammatoria e una fase cronica con aspetti degenerativi. È un disturbo che interessa il 3,6-7% della popolazione generale, mentre è più frequente nei runner, con un'incidenza che varia dal 5% al 10% (6,13) . Nei trail runner impegnati in una competizione si attesta intorno al 28,6% (14). I sintomi sono caratterizzati da dolore alla regione mediale del tallone durante i primi passi del mattino o dopo periodi di inattività. Il dolore tende a migliorare dopo alcuni minuti, e peggiora con il carico. In fase cronica si manifesta anche in scarico.

### Fratture da stress

Le fratture da stress possono essere divise in due macrocategorie, classificate come "insufficiency fracture" e "fatigue fracture". In questo contesto ci si occupa delle "fatigue fracture", ovvero i casi in cui la frattura è il risultato di uno stress ripetuto o cumulativo su un osso sano, con il risultato che l'attività degli osteoclasti risulta maggiore di quella degli osteoblasti. Solitamente la sintomatologia riferita è di dolore durante l'attività, che migliora con il riposo.

Le localizzazioni più frequenti delle fratture da stress sono la tibia (33%), le ossa tarsali (20%), le ossa metatarsali (20%), il femore (11%), il perone (7%) e la pelvi (7%) (15). La *figura 2* rappresenta le più frequenti localizzazioni a seconda dello sport praticato.

L'incidenza delle fratture da stress nei runner è pari al 21%. In questi soggetti, come in generale nella popolazione sportiva, è bene indagare la possibile

presenza di imbalance tra energy intake e spesa energetica per l'esercizio (RED-S) come possibile fattore di rischio per la manifestazione della frattura. In fase anamnestica è inoltre consigliato soffermarsi sulle eventuali modifiche dell'attività da parte dell'atleta (attività nuova/aumentata, impegnativa, ripetitiva). Le fratture da stress possono essere classificate, a seconda della localizzazione, come fratture ad alto o basso rischio. Il trattamento sarà differente in base alla tipologia di frattura.

#### Stress fractures associated with particular sports

Sport	High risk fracture	Low risk fracture
Baseball (pitchers)		Humerus, scapula
Basketball	Fifth metatarsal	Tibia
Cheerleading	Pars interarticularis	Clavicle, radius, scaphoid
Dance	Pars interarticularis; sesamoids	Tibia, fibula, navicular, metatarsals
(American) football	Pars interarticularis; fifth metatarsal	Tibia
Gymnastics	Pars interarticularis; navicular	Radius, scaphoid, midfoot
Rowing		Clavicle, rib
Running & track		Metatarsals, fibula, tibia
Skating	Navicular	Tibia, fibula, metatarsals
Skiing (cross-country)	Sesamoids	Tibia
Soccer (football)	Femoral neck	Tibia, tarsals, metatarsals
Softball (fast-pitch)		Rib, ulna, humerus, metacarpals
Tennis	Pars interarticularis	Rib, tibia
Volleyball	Pars interarticularis	Metatarsals, tibia

*Adapted from: Netter's Sports Medicine. Madden C, Putukian M, Young C, McCarty E (Eds), Philadelphia: Elsevier, 2010.*

**Figura 2** Correlazione tra sport e tipologia di frattura da stress (UpToDate, Overuse of stress fracture)

### Tendinopatia tibiale posteriore (PTTD)

La tendinopatia del tibiale posteriore è una patologia che si manifesta con dolore mediale del mesopiede/retropiede/caviglia ed è associata a deficit funzionale durante le attività che sollecitano il tendine del muscolo tibiale posteriore (16). Il paziente riferisce dolore occasionale nel lato mediale del piede nelle prime fasi, mentre negli stadi avanzati il dolore è associato a gonfiore ed impotenza funzionale, fino a rendere difficile la deambulazione, la stazione eretta e quella sulle punte. Quando il tendine va incontro a degenerazione si può avere una rottura dello stesso, con crollo della volta plantare.

I dati di prevalenza sono presenti per donne over 40 (popolazione maggiormente affetta), dove si attesta al 3,3% (17). Lo studio di Kakouris analizza l'incidenza nei runners, pari a 0,4,% negli non ultramaratoneti e 0,7% negli ultramaratoneti (6).

### Metatarsalgia

La metatarsalgia è definita come un dolore all'avampiede sotto una o più teste metatarsali. Dal punto di vista eziologico questa patologia può essere divisa in tre macrocategorie: primaria, secondaria e iatrogena. In particolare, in questo contesto verrà affrontata la metatarsalgia primaria, dove i fattori biomeccanici giocano un ruolo preponderante insieme a quelli prettamente anatomici (brevità del 1 metatarso, alluce valgo, rigidità di gastrocnemio o tricipite, piede cavo, piede equino)(18).

I fattori biomeccanici spiegano il 90% di tutti i casi di metatarsalgia. La prevalenza di questo disturbo nella popolazione generale è pari al 10%, mentre nella popolazione anziana varia dal 50% al 95% (19). La prevalenza nei runner non ultramaratoneti è intorno al 0,3%, l'incidenza negli ultramaratoneti è pari a 1,4% (6).

### Sindrome compartimentale cronica (CECS)

La sindrome compartimentale cronica (CECS) viene definita come una ischemia transitoria che si manifesta a seguito dell'aumento della pressione in un compartimento non espansibile, in particolare a seguito di una contrazione muscolare durante l'esercizio fisico (20). L'aumento della pressione porta alla sofferenza della componente nervosa e vascolare.

La CECS si manifesta maggiormente nell'arto inferiore e nella popolazione degli atleti, in particolare nei runner che compiono lunghe distanze (21). La diagnosi è basata solo sui segni clinici, che sono un senso di discomfort in un punto preciso durante la corsa, che aumenta se si continua l'allenamento e invece si riduce alla cessazione dell'attività. Si tratta di un dolore descritto come simile ad un crampo.

Alla gamba possiamo individuare 4 compartimenti principali, che contengono ossa, vasi, fascia e nervi:

- **Compartimento anteriore:** muscoli estensore lungo dell'alluce, estensore lungo delle dita, peroneo terzo, tibiale anteriore, nervo peroneale profondo.
- **Compartimento laterale:** muscoli peroniero lungo e breve, nervo peroneo superficiale
- **Compartimento posteriore superficiale:** muscoli gastrocnemio, soleo, nervo surale
- **Compartimento posteriore profondo:** muscoli flessore dell'alluce, flessore lungo delle dita, tibiale posteriore, nervo tibiale posteriore.

Il compartimento maggiormente interessato nella CESC è quello anteriore (45%) seguito dal posteriore profondo (40%), laterale (10%), posteriore superficiale (5%) (22).

Ha un'incidenza negli non ultramaratoneti pari a 1,1% e a 5,8% negli ultramaratoneti (6).

### Tendinopatia peroneale

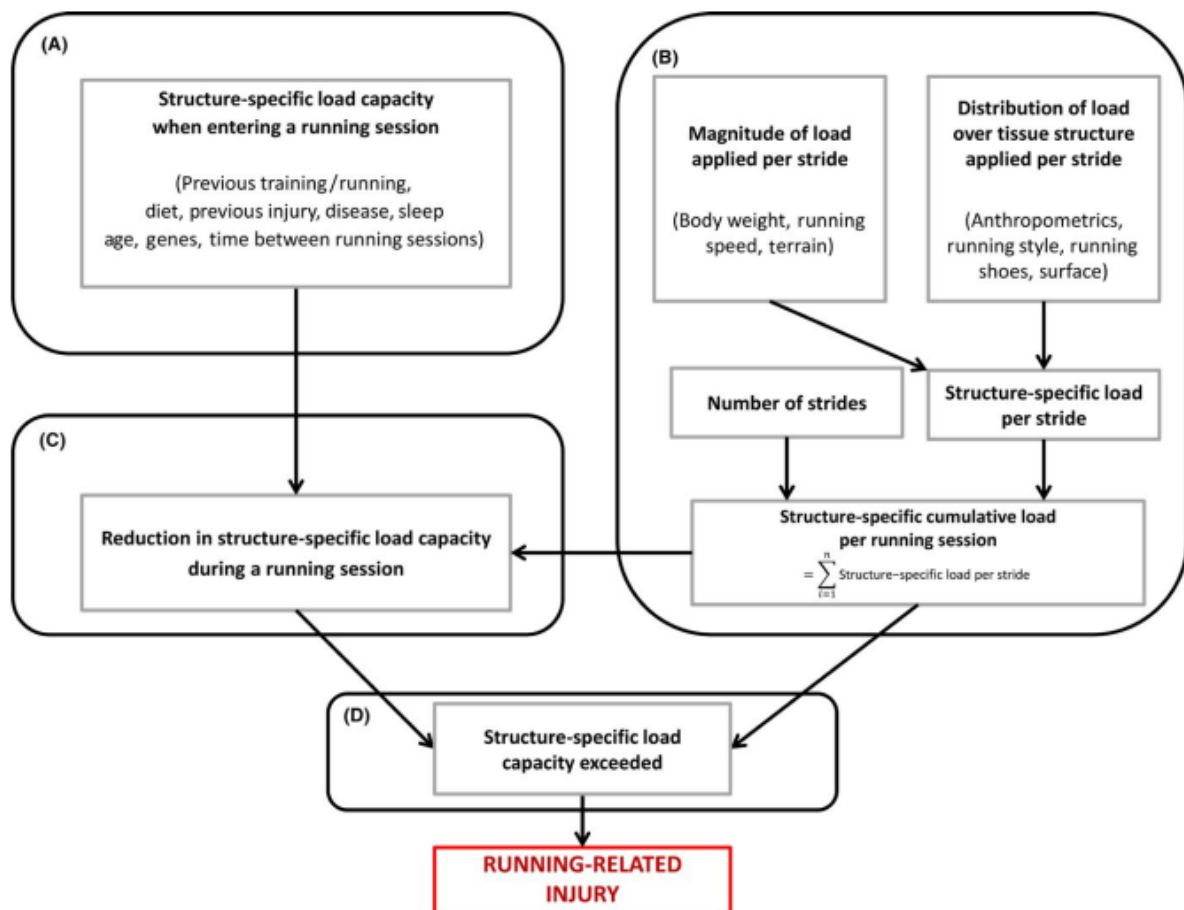
La diagnosi di tendinopatia peroneale non è molto chiara, in quanto è difficile la diagnosi differenziale con un disturbo dei legamenti laterali della caviglia. I sintomi maggiormente riportati sono dolore nella porzione posterolaterale della caviglia, dolore che peggiora durante l'attività e migliora con il riposo. Spesso è il tendine è inspessito, con presenza di una massa palpabile e di gonfiore.

L'unico dato di incidenza presente in letteratura è riportato da uno studio su ultramaratoneti di Fallon (1,4%) (23).

#### **1.2.1 Fattori di rischio ed eziologia**

Numerosi modelli hanno cercato di spiegare l'eziologia delle RRMIs. I primi studi in merito si concentravano su un modello prettamente biomeccanico, ovvero spiegando la manifestazione degli infortuni con il rapporto tra carico e capacità di carico. Le interpretazioni più recenti hanno integrato questo modello considerando una componente multifattoriale, sulla base del modello biopsicosociale.

Il modello che si rappresenta in questo lavoro è quello di Berlesen del 2017 (24) (*figura 3*).



*Figura 3* Il box A rappresenta la capacità di carico della struttura prima della corsa, il Box B illustra il carico sulla struttura per sessione e il box C la riduzione della capacità di carico della struttura a seguito di carico cumulativo (Bertelsen 2017).

Riassumendo schematicamente la genesi di un RRMi secondo il modello di Bertelsen, si individuano:

- Structure specific load capacity when entering a running session**  
 È la capacità di carico della struttura prima di approcciarsi alla sessione di corsa, influenzata da fattori come il riposo tra le sessioni di allenamento, gli anni di allenamento, la dieta, la qualità del sonno, l'uso di contraccettivi orali, l'età. In questo contesto hanno forte importanza anche i fattori psicologici (25). Stress, ansia, ossessione per il raggiungimento del risultato possono contribuire all'overtraining, non permettendo un recupero funzionale e quindi riducendo la capacità di carico. Questi fattori sono a loro volta influenzati da aspetti socioculturali come l'esposizione a fattori di stress esterni e la mancanza di supporto esterno.

- **Structure specific cumulative load per running session**

Si tratta della somma dei carichi specifici per ogni stride, in termini di distribuzione del carico (*load distribution per stride*) e quantità di carico (*load magnitude per stride*). La prima è influenzata da tecnica di corsa, cinetica, cinematica della corsa, postura, step rate, lunghezza del passo, tipologia del terreno, morfologia e fisiologia ossea. La seconda è determinata dalla ground reaction force e dalla forza erogata dai muscoli che portano alla compressione articolare determinata dalla tensione muscolare e tendinea. Durante l'oscillazione, i fattori che influenzano il carico sono prevalentemente cinematici. Il carico complessivo è quindi influenzato dal peso corporeo, dalla tipologia di terreno, dalla velocità della corsa e dalle oscillazioni verticali.

- **Reduction in structure specific load capacity during running session (structure sensitivity to load)**

A seguito dell'esposizione ad un carico eccessivo, cumulativo o nel caso di una capacità di carico bassa, si ha un superamento della capacità di carico. Questo è influenzato dal carico eccessivo in assenza di tempi di recupero adeguati e da altri fattori psicologici definiti come *non sport stressor*, variabili tra soggetto e soggetto.

I tempi di recupero adeguati permettono l'aumento della capacità di carico del tessuto, rendendolo maggiormente prestante. In presenza di stimolo adattativo ma senza fasi di recupero adeguate la capacità di carico viene ridotta e il tessuto risulta maggiormente suscettibile di lesione (26).

## 1. 2. 2 Biomeccanica della corsa e infortuni

Secondo il modello di Bertelsen la ***structure specific cumulative load per running session*** è influenzata da *Load distribution per stride*, caratterizzata da parametri cinetici e cinematici che influenzano direttamente il carico su muscoli, ossa e articolazioni.

È stato ipotizzato che ci siano dei profili particolari a livello biomeccanico che possano portare ad uno stress eccessivo sulle strutture, predisponendo al rischio di RRMIs. Le evidenze in merito sono limitate e si è giunti alla conclusione che non ci sia un modello biomeccanico della corsa "perfetto". Gli autori sono concordi nel definire dei pattern di movimento che possano predisporre

maggiormente ad un rischio di infortuni, ma è utile una visione più ampia, incentrata sul singolo paziente, considerando anche i fattori esterni, ambientali e biopsicosociali.

In conclusione, la biomeccanica non può essere quindi l'unico fattore che va ad incidere sulla manifestazione dell'infortunio ma è uno di quelli che possono essere tenuti in considerazione quando si valuta l'aumento del carico sulla struttura. In questa trattazione verranno affrontati, per singola patologia descritta precedentemente, quali possono essere i pattern di corsa alterati e come il running retraining possa essere una strategia di trattamento valida nel runner infortunato (24).

### **1.3 Running retraining**

Il running retraining è un intervento specifico di trattamento basato sul movimento con l'obiettivo di correggere la meccanica della corsa e - secondo Ceysens et al. (27) - può essere una strategia nel trattamento e nella prevenzione degli infortuni, secondo programmi personalizzati sui singoli atleti. L'obiettivo è quindi dare all'atleta un feedback per correggere la biomeccanica della corsa o ridurre il carico sulle aree infortunate durante la corsa.

Nell'ottica del modello di Bertelsen il running retraining si inserisce come strategia per ridurre o ridistribuire il carico applicato alla struttura muscoloscheletrica ad ogni stride, traducendosi quindi in una riduzione dello stress cumulativo (carico locale). Inoltre, si tratta di un mezzo utile per riportare l'atleta infortunato alla corsa.

La modifica della biomeccanica della corsa non è un concetto assoluto. È fondamentale concentrarsi sul pattern preciso di movimento che si vuole modificare o correggere e soprattutto creare un modello di apprendimento individualizzato sul singolo soggetto.

#### **1.3.1 Strategie di modifica del pattern della corsa**

Il running retraining utilizza diverse tipologie di intervento per ottenere una modifica del pattern di corsa.

- Utilizzo di un feedback esterno (specchio/cues verbali/EMG)
- Step width modification, ovvero la modifica della larghezza del passo

- Step rate manipulation, ovvero la modifica del pattern di corsa del runner inducendo l'accorciamento del passo e l'aumento della frequenza dello stesso.
- Foot strike modification, modifica del pattern di contatto al suolo

#### **1.4 Obiettivo dello studio**

Lo scopo generale della presente revisione è quello di analizzare gli articoli presenti in letteratura fino ad oggi (14/03/23) per comprendere l'efficacia del running retraining come tecnica riabilitativa per i runner affetti da patologie da overuse del distretto piede – caviglia. L'obiettivo principale è comprendere la correlazione tra i fattori di rischio individuati dal punto di vista biomeccanico come predisponenti all'infortunio e l'intervento sugli stessi a fini riabilitativi. La comprensione di questi meccanismi può essere di grande aiuto alla figura del fisioterapista in quanto il running retraining è già uno strumento riabilitativo utilizzato per altri distretti e altri quadri patologici frequenti nella popolazione dei runner.



## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Strategie di ricerca, quesiti clinici e banche dati analizzate

Il quesito clinico di ricerca indaga l'efficacia del running retraining nelle patologie da overuse del distretto piede – caviglia in una popolazione di runner.

Per rispondere al quesito clinico in esame sono state consultate le seguenti banche dati.

1. Pubmed – <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
2. Cochrane Library – <http://www.cochranelibrary.com>
3. Scopus – <http://www.scopus.com>

La ricerca è stata effettuata nel periodo compreso tra il 17 luglio 2022 e il 14 marzo 2023.

La revisione è stata condotta secondo le linee guida del PRISMA Statement per il reporting di revisioni sistematiche che valutano gli interventi sanitari (28).

### 2.2 Parole chiave

Il modello PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) è stato utilizzato al fine di individuare le parole chiave necessarie alla formulazione della stringa di ricerca.

In questa ricerca non è stato preso in considerazione l'elemento C (comparison), in quanto il quesito non presenta un confronto ma si vuole analizzare l'efficacia di un intervento piuttosto innovativo; pertanto, non si ritiene opportuno restringere il campo di ricerca. Per il motivo appena citato non è stato considerato nella ricerca anche l'elemento O, inerente all'outcome del trattamento oggetto di ricerca.

Il modello ha previsto gli elementi di seguito, visualizzabili nella *tabella 1*:

- P (POPULATION): *Runners*. Sono stati inclusi anche tutti i verbi che sottendono il gesto della corsa. In particolare, la popolazione in oggetto è composta da runner con patologie da overuse. Dunque, prima della formulazione della stringa sono stati inizialmente analizzati i più frequenti

disturbi da overuse che interessassero il distretto piede, caviglia. La ricerca è stata estesa anche al distretto della gamba per alcune patologie che possono riferire dei sintomi nell'area della caviglia o del piede. In secondo luogo, nel momento della formulazione della stringa, sono stati abbinati e collegati con l'operatore booleano "AND" i termini riferiti alle patologie con quelli riguardanti la popolazione oggetto di studio.

- I (INTERVENTION): *Running retraining*. Una prima analisi della letteratura ha permesso di constatare che il termine "running retraining" non viene ancora utilizzato da tutti gli autori per indicare un intervento mirato alla modifica del pattern di corsa. Dunque, si è ritenuto opportuno inserire nel dettaglio i parametri specifici che possono essere modificati all'interno di questo trattamento, visualizzabili nella *tabella 1*, nella seconda colonna.
- C (COMPARISON): Per i motivi sovraccitati, non è stato considerato un confronto specifico
- (OUTCOME): Per le ragioni elencate sopra, non è stato individuato nessun outcome specifico

Population (P)	Intervention (I)
Runners con patologie da overuse del distretto piede caviglia (tendinopatia achillea, fascite plantare, medial tibial stress syndrome, fratture da stress, tendinopatia del tibiale posteriore, tendinopatia dei dorsiflessori, tendinopatia dei peronieri, sindrome compartimentale)	Running retraining, <b>gait retraining, step rate, foot strike, stride rate, cadence, stride frequency, stride length, step width, feedback</b>

**Tabella 1** Elementi del PICO

### 2.3 Stringa di ricerca

Le stringhe di ricerca per i vari motori di ricerca sono state elaborate a partire dalle parole chiave riportate sopra (*tabella 1*). Nei paragrafi seguenti viene analizzato il metodo di elaborazione della stringa a seconda della banca dati presa in considerazione.

### **2.3.1 La stringa di ricerca su Pubmed**

Pubmed è un servizio della National Library of Medicine che comprende al suo interno Medline. Il più importante motore di ricerca di Medline è rappresentato da Pubmed.

La stringa di ricerca è stata elaborata seguendo il modello PICO, proposto nella *tabella 1*. Inizialmente sono state individuate le parole chiave (termini liberi) e i MeSh Terms (Medical Subject Headings). Questi termini sono stati poi correlati tra di loro tramite l'utilizzo degli operatori booleani "OR" (per unire tra di loro sinonimi di uno stesso item) e "AND" (per unire tra di loro i diversi elementi del PICO). Gli elementi della ricerca sono riportati nella *tabella 2*. La stringa di ricerca è stata strutturata in modo da avere alta sensibilità e specificità bassa, cosicché la ricerca potesse essere più ampia e passare successivamente ad un processo di scrematura più approfondito. Di seguito viene presentata la stringa.

	<b>Population</b>	<b>Intervention</b>
<b>Mesh Terms</b>	Running Tendinopathy AND Achilles Tendon Fasciitis, Plantar Medial Tibial Stress Syndrome Fractures, Stress Posterior Tibial Tendon Dysfunction Metatarsalgia Anterior Compartment Syndrome Cumulative Trauma Disorders	Running
<b>Free words</b>	Running OR run OR jog OR runners Achilles tendinopathy Plantar fasciitis MTSS OR medial tibial syndrome OR tibial stress syndrome OR shin splints Stress fracture Tibialis posterior tendinopathy Metatarsalgia Chronic Exertional Compartment Syndrome Dorsiflexors Dorsiflexors AND tendinopathy Peroneal tendinopathy Peroneus Overuse injuries	Gait retraining OR Retraining OR Step rate OR foot strike OR stride rate OR cadence OR stride frequency OR stride length OR step width OR feedback

**Tabella 2** Mesh Terms e free words utilizzate per la formulazione della stringa di ricerca

((("Running"[Mesh]) OR (Running) OR (run) OR (jog) OR (runners)) AND (((((((("Tendinopathy"[Mesh]) AND "Achilles Tendon"[Mesh]) OR (achilles tendinopathy)) OR (("Fasciitis, Plantar"[Mesh]) OR (plantar fasciitis))) OR ((((((MTSS) OR ("medial tibial syndrome")) OR ("tibial stress syndrome")) OR ("shin splints")) OR ("Medial Tibial Stress Syndrome"[Mesh]) OR ("medial tibial stress syndrome"))) OR (("Fractures, Stress"[Mesh]) OR ("stress fracture"))) OR (((("Posterior Tibial Tendon Dysfunction"[Mesh]) OR (tibialis posterior tendinopathy)) OR (("Metatarsalgia"[Mesh]) OR (metatarsalgia))) OR (((("Anterior Compartment Syndrome"[Mesh]) OR ("Chronic Exertional Compartment Syndrome") OR (((dorsiflexors) AND ("Tendinopathy"[Mesh])) OR ((dorsiflexors) AND (tendinopathy))) OR ((peroneal tendinopathy) OR ((peroneus) AND ("Tendinopathy"[Mesh])))) OR ("Cumulative Trauma Disorders"[Mesh]) OR (overuse injuries)))) AND (((((((((gait retraining) OR (retraining)) OR (step rate)) OR (foot strike)) OR (stride rate)) OR (cadence)) OR (stride frequency)) OR (stride length)) OR (step width)) OR (feedback))

I risultati ottenuti sono 250 (in data 4.10.2022).

### 2.3.2 La stringa di ricerca su Cochrane Library

La Cochrane Library è il principale prodotto della Cochrane. Si tratta di un database tematico per tipo di pubblicazione. Contiene infatti solo 4 tipologie di pubblicazioni: revisioni sistematiche, trials randomizzati e controllati, valutazioni economiche e rapporti di health technology assessment. I trial vengono registrati nel database CENTRAL (Registro Centrale Cochrane degli Studi Clinici). La stringa di ricerca sul database Cochrane è stata elaborata combinando i termini utilizzati per la ricerca su MEDLINE, sempre in riferimento al modello PICO riportato nella *tabella 1*.

Sulla base dei termini utilizzati nel quesito clinico sono stati ricercati i Medical Terms selezionando la voce “explode all trees” sul database Cochrane Library e sono stati uniti mediante l’utilizzo degli operatori booleani OR, AND. La stringa di ricerca è la seguente:

ID Search

#1 Running Retraining

#2 Runner

#3 MeSH descriptor: [Tendinopathy] explode all trees

#4 MeSH descriptor: [Fasciitis, Plantar] explode all trees

#5 MeSH descriptor: [Medial Tibial Stress Syndrome] explode all trees

#6 MeSH descriptor: [Fractures, Stress] explode all trees

#7 MeSH descriptor: [Metatarsalgia] explode all trees

#8 MeSH descriptor: [Anterior Compartment Syndrome] explode all trees

#10 #1 AND #2 AND #3 #OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8

I risultati ottenuti sono 179 RCT (in data 14.03.2023).

### 2.3.3 La stringa di ricerca su Scopus

Scopus è un database creato dalla casa editrice Elsevier nel 2004. Si tratta di uno dei più grandi database di citazioni e abstract di letteratura, rilevante soprattutto nel campo della medicina. In questa banca dati la ricerca è stata effettuata combinando i termini della ricerca effettuata su MEDLINE, secondo il modello PICO riportato nella *tabella 1*.

( TITLE-ABS-KEY ( runner ) OR TITLE-ABS-KEY ( running ) OR TITLE-ABS-KEY ( run ) OR TITLE-ABS-KEY ( jog ) AND TITLE-ABS-KEY ( achilles AND tendinopathy ) OR TITLE-ABS-KEY ( plantar AND fasciitis ) OR TITLE-ABS-KEY ( medial AND tibial AND stress AND syndrome ) OR TITLE-ABS-KEY ( stress AND fractures ) OR TITLE-ABS-KEY ( metatarsalgia ) OR TITLE-ABS-KEY ( posterior AND tibial AND disfunction ) OR TITLE-ABS-KEY ( anterior AND compartment AND syndrome ) OR TITLE-ABS-KEY ( dorsiflexor AND tendinopathy ) OR TITLE-ABS-KEY ( peroneal AND tendinopathy ) OR TITLE-ABS-KEY ( cumulative AND trauma AND disorders ) OR TITLE-ABS-KEY ( overuse AND injuries ) AND TITLE-ABS-KEY ( running AND retraining ) OR TITLE-ABS-KEY ( retraining ) OR TITLE-ABS-KEY ( step AND rate ) OR TITLE-ABS-KEY ( cadence ) OR TITLE-ABS-KEY ( stride AND frequency ) OR TITLE-ABS-KEY ( stride AND lenght ) OR TITLE-ABS-KEY ( step AND width ) OR TITLE-ABS-KEY ( feedback ) )

I risultati ottenuti sono 114 (in data 22/11/2022).

## **2.4 Selezione degli studi e criteri di inclusione ed esclusione**

I record ottenuti dalla stringa di ricerca sono stati scaricati sulla biblioteca online *Zotero* e su *Rayyan*, un software che facilita il processo di eliminazione dei duplicati e la collaborazione tra i diversi revisori durante la fase di selezioni degli studi. La selezione degli studi è stata effettuata non in cieco. In questa sezione vengono illustrati i criteri di eleggibilità degli studi presi in considerazione nella ricerca.

I criteri di eleggibilità sono fondamentali per valutare validità, applicabilità, completezza di una revisione sistematica ed influenzano lo sviluppo delle strategie di ricerca. In questo lavoro sono stati selezionati gli studi che soddisfano i seguenti criteri di inclusione:

- Studi scritti in lingua italiana o inglese
- Popolazione di sesso maschile o femminile con età maggiore di 18 anni
- Studi che includessero interventi di modifica del pattern della corsa in soggetti con problematiche all'arto inferiore (gamba, piede e caviglia)
- Studi di intervento

I criteri di esclusione vengono illustrati di seguito:

- Studi in lingua non italiana o inglese
- Studi sull'efficacia del running retraining in soggetti sani
- Studi sulla riabilitazione del pattern del cammino
- Studi sull'efficacia del running retraining in soggetti con patologie non inerenti il distretto piede-caviglia
- Studi sull'efficacia del running retraining in popolazione non runner (non interessano la popolazione target)
- Studi che prendono in considerazione altre tipologie di intervento riabilitativo rispetto al running retraining

## **2.5 Estrazione dei dati**

L'estrazione dei dati è stata effettuata in assenza di cecità da un solo revisore ed è stata elaborata all'interno di tabelle sinottiche nelle quali sono stati riportati autore, anno di pubblicazione, tipologia di overuse injury, sample size, tipologia di intervento e controllo, risultati e misure di outcome.

## **2.6 Valutazione metodologica**

La valutazione della qualità metodologica è stata elaborata attraverso la JBI “Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Checklist for diagnostic test accuracy studies”, che verrà spiegata nel dettaglio nel capitolo successivo. Per ogni item si dà un punteggio in base alla risposta: sì, no, non chiaro. Il risultato viene riportato in una tabella dove per ogni item al punteggio corrisponde il colore (verde= sì, rosso= no, giallo = non chiaro).

In primo luogo, sono stati individuati gli studi che rispettassero i criteri di eleggibilità. Successivamente, questi sono stati valutati e analizzati, in base alla scala apposita per tipologia di studio.

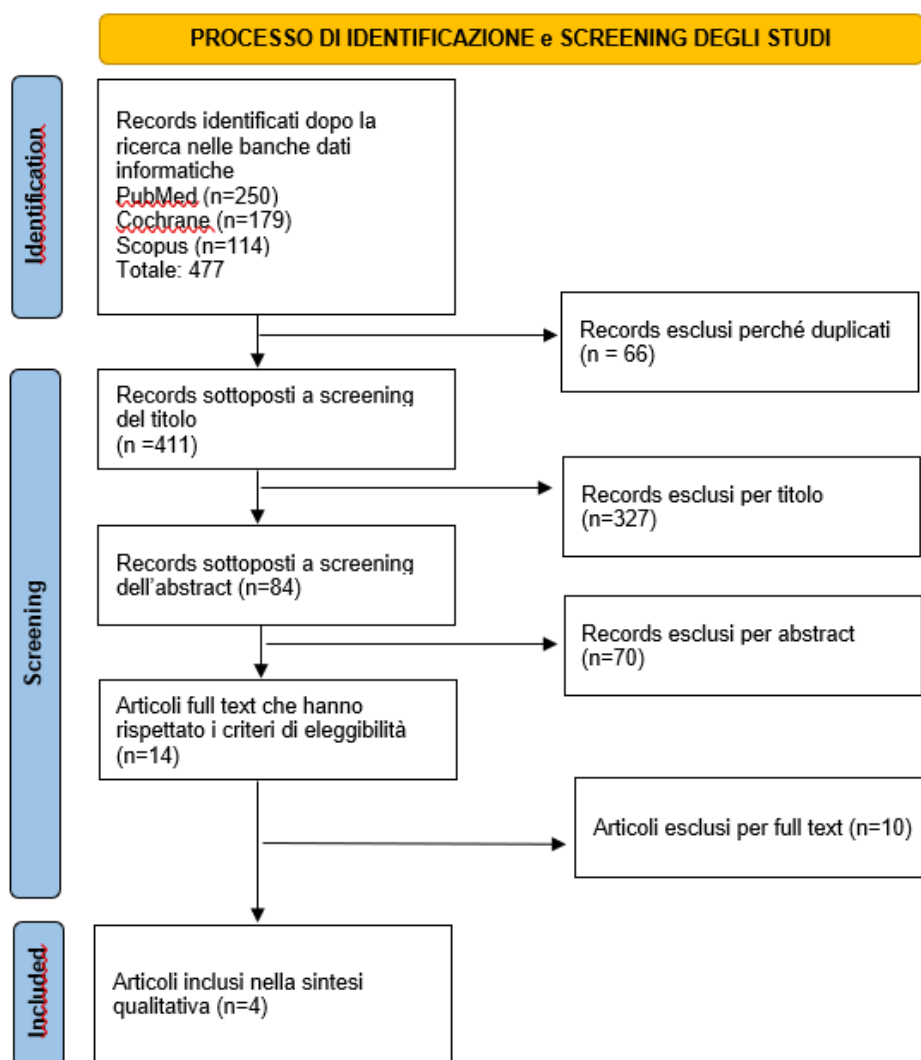
## **2.7 Analisi dei dati**

Questa trattazione si è posta l'obiettivo di fare una analisi qualitativa sistematica dei risultati ottenuti dagli studi inclusi a seguito del processo di revisione. Le conclusioni tratte dagli studi sono state riassunte all'interno di tabelle sinottiche. Questo ha permesso di riportare una visualizzazione immediata delle differenze tra gli studi. A causa della scarsità degli studi presenti in letteratura e l'eterogeneità degli stessi, non è stato possibile condurre una metanalisi.



### 3. RISULTATI

#### 3.1 Selezione degli studi e flow chart



Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;[372:n71](#). doi: [10.1136/bmj.n71](#)

**Figura 4** Processo di identificazione e screening degli studi inclusi nella revisione

La ricerca è stata effettuata nel periodo compreso tra ottobre 2022 e marzo 2023. Nel diagramma di flusso sopra presentato (*figura 4*) è semplificato il processo di identificazione e screening degli studi inclusi nella revisione, secondo le linee guida Prisma Statement 2020. Dalle ricerche sulle banche dati Pubmed, Cochrane e Scopus sono emersi 447 record complessivi (Pubmed = 250 records, Cochrane = 179 records, Scopus= 114 records).

Successivamente, grazie al software Rayaan, sono stati individuati i duplicati. I records rimasti (411) sono stati sottoposti a screening del titolo, a seguito del quale sono stati evidenziati 84 risultati, di cui 70 esclusi dopo l'analisi dell'abstract. I 14 articoli rimasti sono stati sottoposti ad ulteriore screening per full text. A seguito di questo processo, sono stati selezionati 4 articoli:

1. Gamez-Paya J, Dueñas L, Arnal-Gómez A, Benítez-Martínez JC. Foot and Lower Limb Clinical and Structural Changes in Overuse Injured Recreational Runners Using Floating Heel Shoes: Preliminary Results of a Randomised Control Trial. *Sensors (Basel)*. 2021 Nov 24;21(23):7814. doi: 10.3390/s21237814. PMID: 34883818; PMCID: PMC8659959.
2. Allison AK, Ishikawa KL, Gerber JP, Dewing C. Chronic Exertional Compartment Syndrome Resolved With Running Gait Retraining: A Case Report. *J Athl Train*. 2022 Aug 22. doi: 10.4085/1062-6050-0085.22. Epub ahead of print. PMID: 35984713.
3. Diebal AR, Gregory R, Alitz C, Gerber JP. Effects of forefoot running on chronic exertional compartment syndrome: a case series. *Int J Sports Phys Ther*. 2011 Dec;6(4):312-21. PMID: 22163093; PMCID: PMC3230159.
4. Breen DT, Foster J, Falvey E, Franklyn-Miller A. Gait re-training to alleviate the symptoms of anterior exertional lower leg pain: a case series. *Int J Sports Phys Ther*. 2015 Feb;10(1):85-94. PMID: 25709867; PMCID: PMC4325292.

Gli studi individuati sono 1 RCT (Gamez- Paya, 2021), 1 case report (Allison, 2022), due case series (Diebal, 2011 e Breen,2015)

### **3.2 Valutazione del rischio di bias degli studi inclusi**

Secondo la definizione del PRISMA Statement 2020, una revisione sistematica ha l'obiettivo di raccogliere tutte le evidenze scientifiche che soddisfano criteri di inclusione predefiniti per rispondere a specifici quesiti di ricerca, utilizzando metodi sistematici ed espliciti per minimizzare i bias, fornendo risultati affidabili per trarre conclusioni e prendere decisioni. Per rispondere alla necessità di minimizzazione del rischio di bias sono stati ideati degli strumenti in grado di analizzare gli studi facenti parte la revisione sistematica valutandone la qualità

metodologica. Questi strumenti, detti strumenti di Critical Appraisal (valutazione critica) hanno lo scopo di evidenziare bias nella progettazione, conduzione ed analisi degli studi analizzati. In questo elaborato sono state utilizzate le checklist elaborate dal gruppo JBI (Joanna Briggs Institute Critical Appraisal) per le diverse tipologie di studio (Randomized controlled trial, case series e case report).

Questi strumenti hanno l'obiettivo di indagare la validità interna (organizzati in domini di bias di distorsione relativi a selezione e assegnazione), la validità esterna e la validità delle conclusioni statistiche. La checklist per gli RCT è composta da 13 item, quella dei case series da 10 item e quella dei case report da 8 item.

Autore e anno	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
Gamez Paya, 2021													

**Tabella 2** Valutazione metodologica del RCT incluso nella revisione

Autore e anno	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
Diebal, 2011										
Breen, 2015										

**Tabella 3** Valutazione metodologica dei case series inclusi nella revisione

Autore e anno	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8
Allison, 2022								

**Tabella 4** Valutazione metodologica del case report incluso nella revisione

L'analisi qualitativa dell'RCT incluso è sintetizzata nella *tabella 2*. La *tabella 3* e *4* evidenziano il processo di critical appraisal per rispettivamente i case series e il case report inclusi nella revisione.

Lo studio di Gamez Paya è risultato complessivamente accurato, con un punteggio 9/13. I case series di Diebal e Breen sono risultati molto simili nella valutazione metodologica. Lo studio di Breen ha però utilizzato un'analisi statistica appropriata a differenza del caso dello studio di Diebal. Il case report di Allison è risultato complessivamente lo studio maggiormente accurato. L'unico

item non rispettato è stato il n7, riguardante la descrizione dei possibili eventi avversi.

### 3.3 Estrazione dei dati

RCT				
Autore e anno	Tipologia di overuse injury	Sample size e caratteristiche principali	Intervento/controllo	Risultati/misure di outcome
<b>Gamez Paya, 2021</b>	Fasciopatia plantare (n=6) Tendinopatia achillea (n=7) Tendinopatia rotulea (n=5) Iliotibial band syndrome (n=2)	N=20 (65% M, 35%F) Età media 35.5 +/- 8.4	Intervento (FHSG): running retraining usando <i>floating heel shoes</i> , crioterapia, stretching, riduzione del carico.  Controllo (CSG): programma di corsa con scarpe convenzionali, crioterapia, stretching, riduzione del carico  Durata: 12 settimane, 3 giorni alla settimana, 2 ore per ogni sessione	PPTs (Pressure Pain Thresholds): differenza statisticamente significativa tra FHSG e CSG (p < 0.001) dopo l'intervento a favore di FHSG.  Cross sectional area del quadricipite: riduzione statisticamente significativa nel gruppo FHSG post trattamento. Cross sectional area del tendine d'Achille: aumento statisticamente significativo nel CSG post trattamento.  OSTRC-O (questionario per l'individuazione delle lesioni da overuse, gravità e impatto): FHSG mostra valore più alto prima rispetto a dopo l'intervento (Mdn pre-intervento 73.5 +/- 24.5, Mdn post-intervento = 43 +/- 13). FHSG post intervento riporta valore inferiore rispetto a CSG (Mdn 47 +/- 13 vs Mdn 67.5 +/- 14.5) (p >0.05 r=0.76)

**Tabella 5** Estrazione dei dati - RCT

CASE SERIES					
Autore e anno	Tipologia di overuse injury	Sample size e caratteristiche principali	Intervento	Follow up	Risultati/misure di outcome
<b>Diebal, 2011</b>	CECS	2 soggetti Donna di 21 anni con CECS da 4 anni, uomo di 21 anni con CECS dopo 7 mesi da intervento di fasciotomia	Tipologia: L'intervento consisteva nella modifica del pattern della corsa (forefoot running), lavorando sull'aumento dello step rate, aumento della cadenza tramite cues verbali, video analisi ed esercizi preparatori. Durata: 6 settimane, 3 volte alla settimana, 1 ora per ogni sessione.	7 mesi	La modifica del pattern della corsa orientata al forefoot running ha portato ad un aumento dello step rate, una riduzione dello step length, dell'impulso e della GRF, valutate tramite i parametri del treadmill.  La valutazione post-intervento ha rilevato una riduzione della pressione intracompartimentale fino al 30%. Questa è stata misurata da un chirurgo ortopedico utilizzando uno strumento specifico (Stryker Intracompartmental Pressure Monitor).  Il GROC (15 point global rating of change) per entrambi i soggetti è risultato positivo (6-7). Infatti, entrambi i soggetti che riportavano sintomi dopo 1 km a seguito dell'intervento hanno corso 4-5 km senza difficoltà.
<b>Breen, 2015</b>	CECS	10 (9 M, 1 F, età media 30.5 +/- 8.8y)	Tipologia: l'intervento consisteva nella modifica del pattern della corsa tramite utilizzo di video-feedback e cues verbali, volte a ridurre la dorsiflessione della caviglia durante l'atterraggio, aumentando la flessione dell'anca e favorendo la posizione eretta del tronco. Durata: 6 settimane	6 mesi e 1 anno	Il questionario EILP (Exercise induced leg pain score) ha riportato una differenza statisticamente significativa tra il pre e il post intervento (p<0.05) con un aumento della funzione pari al 40,3%. Il cambiamento maggiormente rilevante (57,5% p=0.005) riguarda la durata della corsa in assenza di sintomi.  L'intervento ha portato a una modifica dei parametri cinetici e cinematici con riduzione della dorsiflessione (p=0.001), della verticalità della tibia all'heel contact (p=0.001), della lunghezza del passo (p=0.001) e aumento della flessione dell'anca (p=0.002).

**Tabella 6** Estrazione dei dati – Case Series

CASE REPORT				
Autore e anno	Tipologia di overuse injury	Caratteristiche principali	Intervento	Risultati/misure di outcome
Allison, 2022	CECS	F, 34 anni	Tipologia: Riduzione della lunghezza del passo e aumento della cadenza (con metronomo) per favorire forefoot – midfoot running Durata: 6 settimane	La pressione intracompartimentale post corsa è diminuita da 67 mmHg pre intervento a 40-45 mmHg post intervento.

**Tabella 7** Estrazione dei dati – Case Report

Gli studi inclusi nella revisione sistematica sono stati sintetizzati nelle *Tablelle* 5– 6 - 7.

All'interno della tabella sono indicati:

- Autore e anno di pubblicazione
- Campione coinvolto e caratteristiche principali: genere, età media, caratteristiche cliniche rilevanti
- Tipologia di *overuse injury*: indica la specifica lesione da sovraccarico verso la quale è volto il programma di running retraining a fine riabilitativo
- Tipologia di intervento: vengono descritte le strategie adottate dagli sperimentatori e la specifica modifica del pattern della corsa ricercata nello studio. Viene anche presentata la durata complessiva dell'intervento proposto.
- Durata del follow up: nei casi in cui presente, viene presentata la durata del follow up successivo al termine dell'intervento.
- Risultati/misure di outcome: in questa sezione si individuano le misure di outcome utilizzate e la sintesi dei risultati ottenuti.

### 3.4 Sintesi dei risultati

Analizzando nel dettaglio la tipologia di intervento erogato, nel caso dello studio di Gamez – Paya et al., questo era incentrato in una modifica del pattern di corsa utilizzando floating heel shoes. In particolare, i soggetti, appartenenti al medesimo running club, sono stati suddivisi in un gruppo di controllo CSG e in un gruppo di intervento FHSG. Nella prima parte della sessione, i corridori hanno iniziato con 30 minuti di riscaldamento (15 minuti di corsa lenta e 15 minuti di esercizi propedeutici alla corsa). La prima settimana è stata impostata con una riduzione del carico (chilometraggio) del 45% (considerando il carico che ogni

corridore seguiva prima dell'infortunio). In seguito, il carico è stato aumentato del 5% ogni settimana, fino a raggiungere il carico di allenamento individuale abituale alla 12a settimana. Ogni gruppo ha indossato diversi tipi di scarpe: FHS ha seguito un programma di allenamento per abituarsi alla FHS. Dalla settimana 1 alla settimana 8, i corridori hanno combinato entrambi i tipi di scarpe da corsa: calzature convenzionali e FHS, dalla 8 alla 12 soltanto FHS. Nel CSG i runner si sono allenati allo stesso modo, ma utilizzando le loro calzature convenzionali. Dopo la corsa, entrambi i gruppi hanno ricevuto crioterapia (20 minuti/sessione) e hanno eseguito esercizi di stretching (20 minuti/sessione).

I soggetti inizialmente randomizzati sono stati 40, ma l'analisi dei risultati è stata condotta solo per 20 soggetti dato un numero di n=20 di drop out. Le tipologie di overuse injuries interessate dall'intervento erano tendinopatia achillea, tendinopatia rotulea, fasciopatia plantare, ITBs.

Il case series di Diebal, composto da 2 soggetti con CECS, ha mirato a promuovere un pattern di corsa *forefoot* (avampiede) incrementando lo step rate di 3 step per secondo, aumentando la cadenza tramite l'utilizzo di un metronomo (180 steps per minuto). Un altro feedback che è stato fornito è quello di utilizzare gli hamstrings per la fase di spinta al posto del gastrocnemio. Inoltre, sono stati proposti esercizi di spostamento del peso, salto ed elastici propedeutici allo sviluppo del pattern di corsa obiettivo dello studio.

Lo studio di Breen, similmente al precedente, ha avuto come target 10 soggetti con CECS. L'intervento si è avvalso di cues verbali e video – feedback per la modifica della cinematica del piede, della caviglia, del ginocchio, dell'anca e del dorso, promuovendo una riduzione della dorsiflessione al momento dell'atterraggio durante la corsa, prima della fase di spinta.

Il case report di Allison ha portato all'attenzione una runner con CECS, in questo caso cronica. Coerentemente con gli studi precedentemente riportati, il primario obiettivo è stato la riduzione della lunghezza del passo per favorire un *forefoot* running pattern. A questa finalità, il programma dell'atleta è stato impostato con 2 settimane di corsa iniziali su treadmill per distanze brevi (400-500m) senza calzature e con l'utilizzo di un metronomo al fine di aumentare la cadenza

(baseline 124 passi/minuto) fino ad un target di 180 passi al minuto, ridotta poi fino a 160 per scarso confort della paziente. La distanza dopo le prime due settimane è stata gradualmente aumentata: i parametri per l'aumento della stessa si basavano su un approccio symptom contingent (alla presenza di dolore, veniva chiesto di interrompere l'attività). Alla terza settimana la corsa è stata proposta con calzature e aumento della distanza con una frequenza di 2-3 volte alla settimana, fino alla 5-6 settimana dove la paziente ha corso per circa 3 miglia in assenza di sintomi.

Le lesioni da overuse trattate in questi studi sono piuttosto eterogenee (in particolare all'interno dello studio di Gamez- Paya et al.), ma si può riconoscere un intervento di running retraining simile in tutte le proposte per CECS, tendinopatia achillea, fasciopatia plantare, con la promozione di un forefoot running pattern come linea comune di trattamento.

## 4.DISCUSSIONE

Lo scopo di questo elaborato è di fornire uno stato dell'arte in merito al running retraining come metodica riabilitativa in runner con lesioni da overuse agli arti inferiori, in particolare al distretto piede-caviglia.

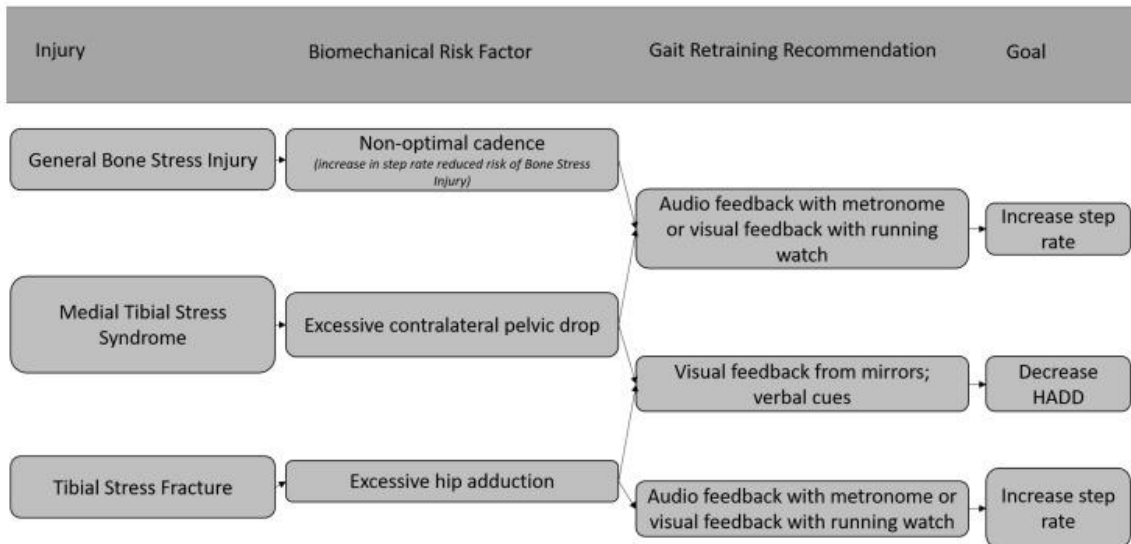
La ricerca bibliografica effettuata per la stesura di questo elaborato ha rilevato che il running retraining è un argomento di interesse clinico e scientifico recente. In particolare, negli ultimi anni gli studi si sono incentrati sul running retraining come strumento per la prevenzione degli infortuni e per l'individuazione di pattern cinetici e cinematici della corsa che a livello biomeccanico possono predisporre all'infortunio. Secondo questo modello, il running retraining è stato visto come strumento per modificare i fattori di rischio biomeccanici che si pensa possano essere correlati ad un maggior rischio di infortuni nei runner. Per questo motivo la maggior parte degli studi individuati è sviluppata su popolazione sana (48 record totali in questa ricerca).

Nonostante questa importante parte della letteratura si occupi di running retraining, non si è ritenuto opportuno inserire nei criteri di inclusione la popolazione runner non infortunata perché è stato dimostrato che la modifica dei fattori di rischio potrebbe non essere direttamente correlata alla riduzione del numero di infortuni. Come specificato nel capitolo introduttivo, infatti, gli autori sono concordi nel definire alcuni pattern di movimento che possono predisporre maggiormente ad un rischio di infortuni, ma è utile una visione più ampia, incentrata sul singolo paziente, considerando anche i fattori esterni, ambientali e biopsicosociali.

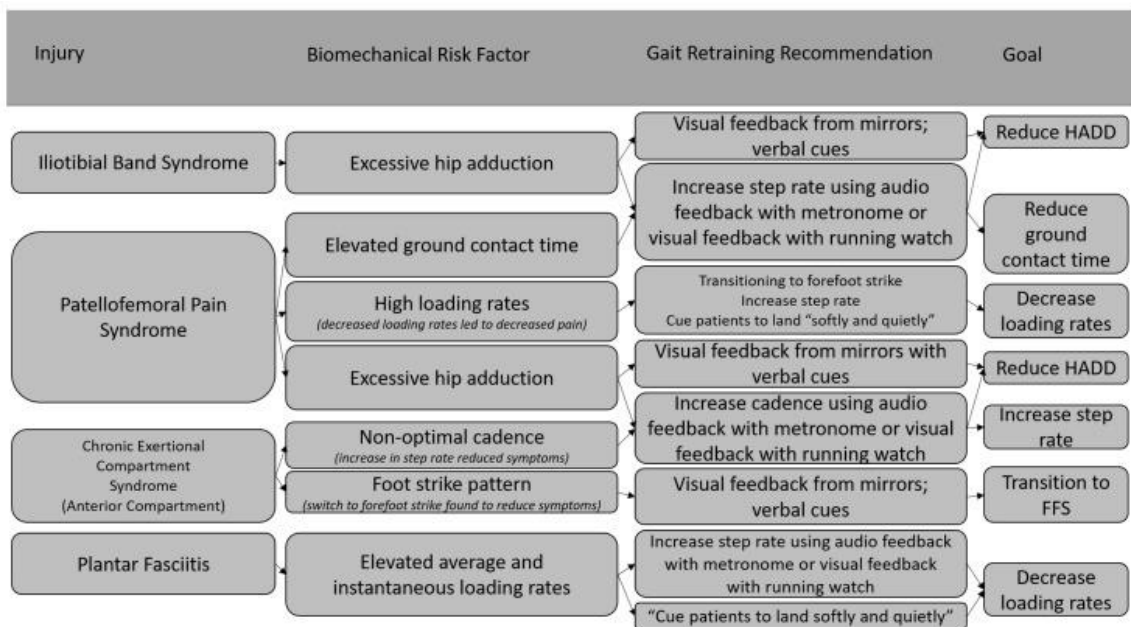
In conclusione, come specifica anche Gaudette nel suo recente studio (29) sebbene siano state condotte recenti revisioni sistematiche in merito ai fattori di rischio biomeccanici per gli infortuni legati alla corsa, mancano informazioni sulla trasposizione in ambito clinico del running retraining per i runner infortunati. In questo capitolo si prenderanno come esempio degli spunti clinici suggeriti da alcuni autori che hanno analizzato i fattori di rischio biomeccanici per comprenderne la possibile correlazione nella clinica, per eventualmente confermarne l'efficacia di un intervento di running retraining.



Allo stato attuale il gait retraining è stato utilizzato solo per trattare corridori con PFPS (30). Lo studio di Gaudette fornisce degli esempi sulle possibili tipologie di trattamento di MTSS, frattura da stress tibiale, ITBs e PFPS, CECS e fascite plantare, in base ai fattori di rischio per queste RRI. Questi spunti clinici vengono proposti nelle *figure 5 e 6*.



**Figura 5** Gaudette, 2022



**Figura 6** Gaudette, 2022

Analizzando lo schema proposto da Gaudette su una base prettamente biomeccanica e sull'individuazione dei fattori di rischio predisponenti all'infortunio, in base all'area di interesse di questa trattazione si prendono in esame in particolare la CECS e la fascite plantare. Nel primo caso, i fattori di rischio individuati da Gaudette per la CECS sono primariamente una cadenza non ottimale e un forefoot strike pattern. Per questo motivo che l'autore propone come possibile intervento è un aumento della cadenza e lo switch da un rarefoot ad un forefoot strike pattern.

In letteratura è presente soltanto un RCT (31) che esamina l'effetto del gait retraining su dolore e funzionalità delle lesioni che si sono volute approfondire in questa trattazione, riconosciute infatti come le *overuse injuries* più frequenti nel distretto piede-caviglia. In particolare, la popolazione presa in esame, molto eterogenea, era affetta da fasciopatìa plantare, tendinopatìa roulea, tendinopatìa achillea, ITBs. Trasponendo gli studi di Gaudette sui fattori di rischio e la proposta di intervento del trial di Gamez Paya, si riconosce una linea comune sull'aumento dello *step rate* come proposta di running retraining nei soggetti affetti da fasciopatìa plantare. Nello studio di Gamez Paya la modifica del pattern di corsa e il running retraining hanno favorito nei soggetti considerati una diminuzione del dolore (PPTs) e un aumento della funzionalità percepita dal soggetto (OSTRC-O). I limiti di questo studio sono innanzitutto da individuare nella ridotta dimensione del campione e della sua eterogeneità. Infatti, per trarre delle conclusioni su una popolazione più ampia sarebbe opportuno analizzare un campione con una numerosità maggiore e una corretta distribuzione e stratificazione per ogni patologia. Inoltre, in questo studio c'è stato un numero di drop out abbastanza elevato che ha reso poi molto ridotta la popolazione analizzata in entrambe le valutazioni pre e post-intervento previste nello studio.

Entrando nel dettaglio delle altre patologie da overuse del distretto piede-caviglia maggiormente frequenti nei runner oltre la tendinopatìa achillea e la fascite plantare si trovano descritte la MTSS, le fratture da stress, la PTTD, la metatarsalgia, la CECS e la tendinopatìa peroneale.

Per quanto riguarda la MTSS la ricerca in letteratura non ha evidenziato alcun percorso di running retraining proposto per ridurre i sintomi. Ulteriori studi

potrebbero focalizzarsi sull'aumento dello *step rate* o dell'HADD (adduzione dell'anca) per il trattamento di questi sintomi. Lo stesso quadro viene individuato nel caso delle fratture da stress tibiale. Per quanto riguarda la PTTD nei runner non sono stati trovati specifici studi che proponessero un trattamento riabilitativo basato sul running retraining in letteratura, come per la tendinopatia peroneale e la metatarsalgia.

Si è sviluppata invece una trattazione recente specifica sulla CECS. Come specificato nel capitolo introduttivo, questo disturbo è molto frequente nei runner e in particolare negli ultramaratoneti, dove questo risulta la lesione da overuse maggiormente frequente. Infatti, è una patologia cronica che si manifesta principalmente nei runner che compiono lunghe distanze, e le regioni anatomiche maggiormente colpite sono piede e caviglia. I pazienti con CECS manifestano dolore dopo 10-15 minuti di corsa (32). Con il proseguire della corsa i sintomi peggiorano gradualmente e si può verificare una alterazione della meccanica della corsa con foot drop e aumento del dolore che porta alla cessazione dell'attività. Comunemente si riscontra diminuzione della dorsiflessione e diminuzione della forza degli estensori dell'alluce, in associazione ad una riduzione della sensibilità nel primo spazio interdigitale. La diagnosi definitiva di CECS si ottiene attraverso la misurazione della pressione intracompartimentale con catetere ( $> 15\text{mmHg}$  a riposo e  $> 30\text{ mmHg}$  dopo l'esercizio). In questi pazienti l'indicazione è stata sempre la fasciotomia per alleviare la pressione intracompartimentale. Gli studi recenti, come quelli riportati in questa trattazione, si sono focalizzati sul running retraining come strategia riabilitativa per la riduzione del dolore e il miglioramento della funzione in soggetti con CECS.

Lo studio di Gaudette a cui si fa riferimento per l'individuazione dei fattori di rischio biomeccanici mette in luce come l'intervento potrebbe essere mirato ad un aumento dello *step rate* ed una modifica del pattern di corsa verso un *forefoot strike pattern*, al fine di migliorare la cadenza e l'appoggio che potrebbero essere i fattori di rischio determinanti questa overuse injury. Gli studi presi in esame in questa trattazione hanno mirato complessivamente alla modifica del pattern della corsa (da rearfoot a forefoot) come linea comune. Lo studio di Diebal (33) ha incentrato l'intervento di running retraining anche sull'aumento dello *step rate* e della cadenza, attraverso l'utilizzo di cues verbali e video analisi. È da

sottolineare che in questo studio i due soggetti avevano caratteristiche diverse, in quanto una paziente era affetta da CECS da 4 anni mentre l'altro partecipante era stato sottoposto 7 mesi prima ad un intervento di fasciotomia. Nel secondo studio preso in analisi di Breen (34) il campione era di 10 soggetti e oltre al forefoot running pattern il percorso di running retraining si è incentrato sulla riduzione della dorsiflessione della caviglia durante l'atterraggio, aumentando la flessione dell'anca. Anche il più recente case report di Allison si è concentrato sull'aumento della cadenza per favorire un forefoot- midfoot running.

Tutti gli interventi hanno avuto una durata di 6 settimane, ad eccezione dell'RCT di Gamez Paya che ha previsto un periodo di intervento di 12 settimane. Anche le tipologie di feedback utilizzate nei vari studi sono simili, e si basano nella maggior parte dei casi sull'utilizzo del metronomo per l'aumento della cadenza, utilizzo di video per analizzare il pattern della corsa e cues verbali. Anche gli outcome considerati sono diversi negli studi analizzati. Nello studio di Diebal si sono studiati tramite treadmill una riduzione della lunghezza del passo e della GRF (*ground reaction force*, forza di reazione al suolo) e un aumento dello step rate.

Infatti, analizzando le sollecitazioni che vengono date durante la corsa si possono rilevare delle sollecitazioni interne e delle sollecitazioni esterne. Tra le sollecitazioni interne la GRF è l'unica di queste forze che possono contribuire allo sviluppo di infortuni (35). Aumentando il numero di appoggi al minuto e quindi diminuendo la lunghezza del passo si diminuisce il carico assorbito dagli arti inferiori durante la corsa. La cadenza minore è associata ad un appoggio con retro piede con impatto a ginocchio esteso e quindi ad una maggiore GRF.

Anche lo studio di Breen ha analizzato i parametri cinetici e cinematici e ha ottenuto una riduzione della dorsiflessione e della verticalità della tibia all'*heel contact*, della lunghezza del passo tutti statisticamente significativi.

Nello studio di Diebal, è stata analizzata la soddisfazione soggettiva del cambiamento da parte dei casi in studio e per entrambi è risultata valutata positivamente. Un outcome comune agli studi di Diebal e Allison è stata la riduzione della pressione intracompartimentale post-intervento, che nello studio di Diebal è stata pari al 30% mentre in quello di Allison da 67 mmHg a 40-45

mmHg. Gli altri outcome presi in considerazione sono stati il dolore (questionario EILP, studio di Breen), con aumento della funzione post-intervento pari a 40,3%.

In conclusione, per quanto riguarda la CECS i case series e il case report riportati hanno dimostrato complessivamente che per ridurre il carico cumulativo a livello compartimentale è utile agire su alcuni parametri biomeccanici favorendo un forefoot running pattern e di conseguenza diminuendo GRF, heel contact, lunghezza del passo, favorendo un aumento della cadenza.

L'intervento è stato proposto tramite l'utilizzo di tutte le tecniche individuate nel capitolo introduttivo: utilizzo di feedback esterno, *step width modification*, *step rate manipulation*, *foot strike modification*.

Il limite di queste conclusioni è il campione ridotto preso in considerazione in questi studi. Sarebbe quindi necessario uno studio che includa un numero più vasto di runner con CECS per far sì che le conclusioni degli studi analizzati siano valide e applicabili in campo riabilitativo. Dal punto di vista metodologico i punteggi ottenuti sono stati piuttosto bassi, di 5/10 per lo studio di Diebal e 6/10 per lo studio di Breen. Il case report di Allison è risultato quello maggiormente accurato con un punteggio di 7/8. È infine utile considerare come nel caso di CECS il trattamento riabilitativo proposto con running retraining potrebbe essere una valida alternativa alla fasciotomia che in primo luogo espone il paziente a tutti i rischi di un intervento chirurgico e inoltre potrebbe non essere risolutiva; infatti, uno dei pazienti del case series di Diebal era affetto dagli stessi sintomi per i quali si era sottoposto all'intervento solo 7 mesi dopo lo stesso.

#### Limiti della revisione

I limiti di questa revisione sono innanzitutto da individuare nella scarsa letteratura presente in merito a questo argomento secondo i criteri di inclusione previsti. Uno spunto valido potrebbe essere riconosciuto nell'estendere il campo della popolazione considerata anche a quella militare, in quanto si è visto che la letteratura ha approfondito maggiormente i sintomi in questi soggetti.

Per quanto riguarda la stesura della revisione, il processo di ricerca ed elaborazione dei dati è stato condotto da un solo esaminatore e questo potrebbe essere una fonte di bias.

Infine, come specificato anche sopra, gli studi individuati hanno un campione piccolo e come tipologia di studio è stato individuato un solo RCT. I case report e case series nella gerarchia delle evidenze ricoprono una posizione di minore rilievo, ma possono risultare sicuramente uno spunto per ulteriori trattazioni.

## **5.CONCLUSIONI**

In conclusione, da questa revisione emerge che le evidenze in merito al running retraining come metodica riabilitativa nel runner infortunato al distretto piede caviglia sono ancora piuttosto limitate ma ci sono degli spunti interessanti da tenere in considerazione alla luce di una trasposizione clinica dei fattori di rischio che si individuano essere predisponenti all'infortunio. Si può concludere che per la fasciopatìa plantare, tendinopatìa achillea e CECS l'adozione di un forefoot running pattern favorito dall'aumento della cadenza tramite l'utilizzo di feedback quali cues verbali e videoanalisi potrebbe essere una strategia riabilitativa efficace ai fini della riduzione del dolore e del miglioramento della funzione e della performance. Questa tecnica di running retraining è da analizzare ulteriormente con nuovi studi per estendere le conclusioni tratte da un piccolo campione su uno più vasto e sulla popolazione runner infortunata in generale.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Lee D chul, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee IM, Lavie CJ. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017 Jun 1;60(1):45–55.
2. Chakravarty EF, Hubert HB, Lingala VB, Fries JF. Reduced disability and mortality among aging runners: A 21-year longitudinal study. *Arch Intern Med*. 2008 Aug 25;168(15):1638–46.
3. Lee DC, Pate RR, Lavie CJ, Sui X, Church TS, Blair SN. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. *J Am Coll Cardiol*. 2014 Aug 5;64(5):472–81.
4. Lavie CJ, Lee D chul, Sui X, Arena R, O’Keefe JH, Church TS, et al. Effects of Running on Chronic Diseases and Cardiovascular and All-Cause Mortality. *Mayo Clin Proc*. 2015 Nov;90(11):1541–52.
5. Blair SN. Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *Br J Sports Med*. 2009 Jan 1;43(1):1–2.
6. Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci*. 2021 Sep 1;10(5):513–22.
7. van Mechelen W. Running Injuries. *Sports Med*. 1992 Nov 1;14(5):320–35.
8. Menéndez C, Batalla L, Prieto A, Rodríguez MÁ, Crespo I, Olmedillas H. Medial Tibial Stress Syndrome in Novice and Recreational Runners: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Oct 13;17(20):E7457.
9. Videbæk 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 Auckl Nz*. 2015;45(7):1017–26.

10. Winters M. The diagnosis and management of medial tibial stress syndrome : An evidence update. *Unfallchirurg*. 2020 Jan;123(Suppl 1):15–9.
11. Pavone V, Vescio A, Mobilia G, Dimartino S, Di Stefano G, Culmone A, et al. Conservative Treatment of Chronic Achilles Tendinopathy: A Systematic Review. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2019 Jul 22;4(3):E46.
12. Longo UG, Ronga M, Maffulli N. Achilles Tendinopathy. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2018 Mar;26(1):16–30.
13. Trojian T, Tucker AK. Plantar Fasciitis. *Am Fam Physician*. 2019 Jun 15;99(12):744–50.
14. Vernillo G, Savoldelli A, Torre AL, Skafidas S, Bortolan L, Schena F. Injury and Illness Rates During Ultratrail Running. *Int J Sports Med*. 2016 Jun;37(07):565–9.
15. Matcuk GR, Mahanty SR, Skalski MR, Patel DB, White EA, Gottsegen CJ. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emerg Radiol*. 2016 Aug;23(4):365–75.
16. Ross MH, Smith MD, Mellor R, Durbridge G, Vicenzino B. Clinical Tests of Tibialis Posterior Tendinopathy: Are They Reliable, and How Well Are They Reflected in Structural Changes on Imaging? *J Orthop Sports Phys Ther*. 2021 May;51(5):253–60.
17. Kohls-Gatzoulis J, Woods B, Angel JC, Singh D. The prevalence of symptomatic posterior tibialis tendon dysfunction in women over the age of 40 in England. *Foot Ankle Surg*. 2009 Jun 1;15(2):75–81.
18. Besse JL. Metatarsalgia. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017 Feb 1;103(1, Supplement):S29–39.
19. Chahal GS, Davies MB, Blundell CM. Treating metatarsalgia: current concepts. *Orthop Trauma*. 2020 Feb;34(1):30–6.
20. Wilder RP, Magrum E. Exertional compartment syndrome. *Clin Sports Med*. 2010 Jul;29(3):429–35.



21. Vajapey S, Miller TL. Evaluation, diagnosis, and treatment of chronic exertional compartment syndrome: a review of current literature. *Phys Sportsmed*. 2017 Oct 2;45(4):391–8.
22. Edwards P, Myerson MS. Exertional Compartment Syndrome of the Leg: Steps for Expedient Return to Activity. *Phys Sportsmed*. 1996 Apr;24(4):31–46.
23. Fallon KE. Musculoskeletal injuries in the ultramarathon: the 1990 Westfield Sydney to Melbourne run. *Br J Sports Med*. 1996 Dec 1;30(4):319–23.
24. Bertelsen ML, Hulme A, Petersen J, Brund RK, Sørensen H, Finch CF, et al. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(11):1170–80.
25. de Jonge J, Balk YA, Taris TW. Mental Recovery and Running-Related Injuries in Recreational Runners: The Moderating Role of Passion for Running. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Feb;17(3):1044.
26. Soligard T, Schwellnus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*. 2016 Sep;50(17):1030–41.
27. Ceysens L, Vanelderden R, Barton C, Malliaras P, Dingenen B. Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review. *Sports Med*. 2019 Jul 1;49(7):1095–115.
28. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar 29;n71.
29. Gaudette LW, Bradach MM, de Souza Junior JR, Heiderscheit B, Johnson CD, Posilkin J, et al. Clinical Application of Gait Retraining in the Injured Runner. *J Clin Med*. 2022 Nov 1;11(21):6497.

30. Noehren B, Scholz J, Davis I. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Br J Sports Med.* 2011 Jul;45(9):691–6.
31. Gamez-Paya J, Dueñas L, Arnal-Gómez A, Benítez-Martínez JC. Foot and Lower Limb Clinical and Structural Changes in Overuse Injured Recreational Runners Using Floating Heel Shoes: Preliminary Results of a Randomised Control Trial. *Sensors.* 2021 Nov 24;21(23):7814.
32. Allison AK, Ishikawa KL, Gerber JP, Dewing C. Chronic Exertional Compartment Syndrome Resolved With Running Gait Retraining: A Case Report. *J Athl Train.* 2022 Aug 22;
33. Diebal AR, Gregory R, Alitz C, Gerber JP. Effects of forefoot running on chronic exertional compartment syndrome: a case series. *Int J Sports Phys Ther.* 2011 Dec;6(4):312–21.
34. Breen DT, Foster J, Falvey E, Franklyn-Miller A. Gait re-training to alleviate the symptoms of anterior exertional lower leg pain: a case series. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Feb;10(1):85–94.
35. Hreljac A. Etiology, prevention, and early intervention of overuse injuries in runners: a biomechanical perspective. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2005 Aug;16(3):651–67, vi.