

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

**Efficacia del trattamento conservativo nella "Medial Tibial Stress Syndrome" nei podisti:
revisione sistematica della Letteratura e Meta-analisi**

Effectiveness of conservative treatment strategies in Medial Tibial Stress Syndrome in runners:
Systematic Review and Meta-analysis

RELATORE: Prof. Carlo Biz

Correlatore: Dott. Pietro Nicoletti

LAUREANDO: Federico Zamengo

Anno Accademico 2022/23

INDICE

Sommario

1. Introduzione	Pag. 1
1.1. Anatomia della Tibia	Pag. 1
1.2. Anatomia del Perone	Pag. 4
1.3. Anatomia del Tessuto Osseo	Pag. 5
1.4. Membrane di rivestimento: Endostio e Periostio	Pag. 6
1.5. Anatomia della Membrana Interossea	Pag. 8
1.6. Strutture muscolari della gamba	Pag. 9
1.7. Analisi biomeccanica della locomozione	Pag. 12
1.8. Medial Tibial Stress Syndrome	Pag. 17
2. Materiali e Metodi	Pag. 21
2.1. Obiettivo dello studio	Pag. 21
2.2. Fonti dei dati e Strategia di Ricerca	Pag. 21
2.3. Criteri di inclusione	Pag. 21
2.4. Criteri di esclusione	Pag. 23
2.5. Metodo di selezione	Pag. 23
2.6. Estrazione dei dati	Pag. 23
2.7. Valutazione della qualità	Pag. 23
2.8. Analisi statistica e Meta-analisi	Pag. 25
3. Risultati	Pag. 26
3.1. Selezione degli studi	Pag. 26
3.2. Popolazione	Pag. 27
3.3. Analisi della qualità	Pag. 28
3.4. Tipologia di intervento e follow-up	Pag. 29
3.5. Misure di Outcome	Pag. 32

3.6. Analisi statistica e Meta-analisi	Pag. 34
4. Discussione	Pag. 38
4.1. Limiti e punti di forza dello studio	Pag. 46
5. Conclusioni	Pag. 47
6. Bibliografia	Pag. 48

SOMMARIO

Obiettivo: questo studio ha lo scopo di investigare quali siano le migliori strategie di intervento per il trattamento conservativo della “Medial Tibial Stress Syndrome” o sindrome da stress tibiale, patologia da sovraccarico, particolarmente diffusa tra i podisti, siano essi amatori o agonisti.

Materiali e Metodi: il lavoro è una Revisione Sistemática della Letteratura con Meta-analisi dei dati. La revisione è stata svolta seguendo le linee guida PRISMA. I motori di ricerca consultati sono stati PubMed, Scopus e Web of Science. Lo studio prende in considerazione gli articoli pubblicati tra 1/01/2002 e 28/2/23. La stringa di ricerca utilizzata è la seguente: [(medial tibial stress syndrome) OR (periostitis) OR (periostalgia) OR (medial tibial pain) OR (MTSS) OR (medial shin pain)] AND [(treatment) OR (manual therapy) OR (physiotherapy) OR (conservative) OR (therapy) OR (exercise)] AND [(running) OR (run) OR (runners)]. I principali outcome sono il tempo impiegato per completare il trattamento riabilitativo e le scale del dolore (come VAS e GRC) per valutare la modificazione della sintomatologia.

Risultati: dei 595 articoli identificati dalla ricerca nei database sono stati inclusi 14 studi, per un totale di 506 pazienti. Per quanto riguarda la qualità degli studi, il punteggio medio è stato di 16.8/22. Complessivamente gli studi si sono dimostrati efficaci per il trattamento conservativo della MTSS, alcuni con un'evidenza (effect size) più rilevante rispetto ad altri.

Conclusioni: i risultati evidenziano una maggior efficacia negli interventi di terapia manuale, nel trattamento effettuato con terapie fisiche, in particolare l'utilizzo di Laser a bassa energia ed Onde d'urto, e nella proloterapia nella fascia crurale, lungo il margine mediale della tibia.

ABSTRACT

Objective: this study aims to investigate what are the best intervention strategies for conservative treatment of "Medial Tibial Stress Syndrome," or tibial stress syndrome, an overload condition that is particularly prevalent among runners, whether amateur or competitive

Materials and Methods: the work is a Systematic Literature Review with Meta-analysis of the data. The review was conducted following PRISMA guidelines. The search engines consulted were PubMed, Scopus, and Web of Science. The study considers articles published between 1/01/2002 and 28/2/23. The search string used is as follows: [(medial tibial stress syndrome) OR (periostitis) OR (periostalgia) OR (medial tibial pain) OR (MTSS) OR (medial shin pain)] AND [(treatment) OR (manual therapy) OR (physiotherapy) OR (conservative) OR (therapy) OR (exercise)] AND [(running) OR (run) OR (runners)]. The main outcomes are time taken to complete rehabilitation treatment and pain scales (such as VAS and GRC) to assess symptom modification.

Results: of the 595 articles identified by the database search, 14 studies were included, with a total of 506 patients. Regarding the quality of the studies, the average score was 16.8/22. Overall, the studies were found to be effective for the conservative treatment of MTSS, some with more relevant evidence (effect size) than others.

Conclusions: results show greater effectiveness in manual therapy interventions, treatment carried out with physical therapies, particularly the use of Low Energy Laser and Shock Waves, and prolotherapy in the crural fascia, along the medial margin of the tibia

INTRODUZIONE

Questo studio ha lo scopo di investigare quali siano le migliori strategie di intervento per il trattamento conservativo della “Medial Tibial Stress Syndrome” o sindrome da stress tibiale (MTSS), patologia da sovraccarico, particolarmente diffusa tra i podisti, siano essi amatori o agonisti.

La scelta di questa patologia è legata al mio interesse personale e alla mia esperienza professionale di Tecnico di Atletica Leggera, presso la società ASD Atletica Albore Martellago, iniziata nel 2019.

In questi anni mi sono imbattuto spesso in questo tipo di infortunio, sia nel mio caso specifico che negli atleti da me allenati. Essendomi avvicinato al mondo della riabilitazione in ambito sportivo durante la mia carriera universitaria, ho avuto la possibilità di approfondire anche la traumatologia, il trattamento e la prevenzione di questo tipo di infortunio.

La possibilità di comprendere in maniera approfondita i migliori approcci terapeutici alla MTSS è essenziale non solo per il trattamento degli atleti, ma anche per la sua prevenzione.

La letteratura relativa a questa patologia è limitata, sia per quanto riguarda le tecniche di prevenzione e trattamento, sia per le revisioni sistematiche dell’argomento. In questo caso sarà analizzata la letteratura per indagare quale sia il trattamento conservativo più efficace.

1.1 ANATOMIA DELLA TIBIA

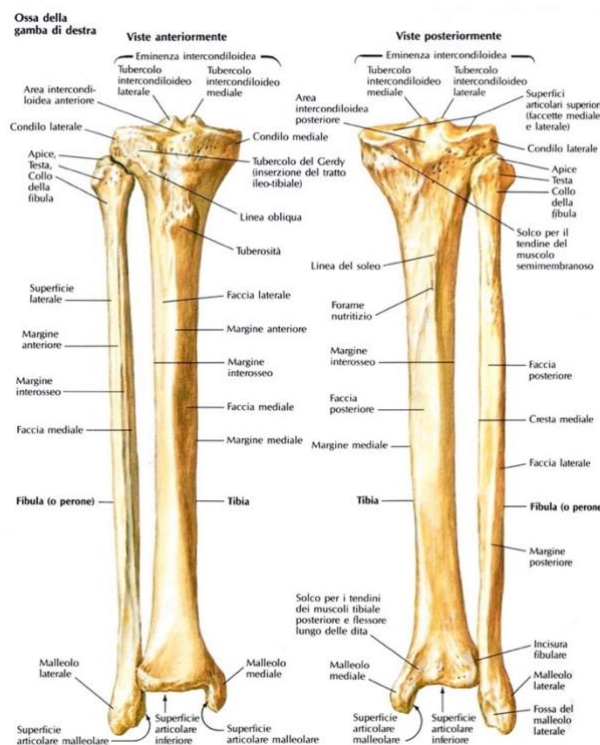
La gamba rappresenta la regione anatomica compresa tra l’articolazione del ginocchio e quella caviglia. È composta da due strutture ossee: la tibia, in posizione mediale, e il perone (o fibula), in posizione laterale. La tibia è un osso lungo, pari, che si articola a livello prossimale con il femore e la patella nell’articolazione del ginocchio, mentre distalmente prende contatto con l’astragalo nell’articolazione della caviglia. Inoltre, si articola con il perone in posizione supero-mediale e infero-mediale formando, rispettivamente, le articolazioni tibio-fibulare prossimale e distale^{1,2}.

Le principali caratteristiche delle ossa lunghe, come tibia e perone, sono la presenza di un corpo, detto diafisi, due estremità allargate, chiamate epifisi, e di una zona di transizione tra esse, chiamata metafisi. L’epifisi prossimale della tibia è la porzione di osso che partecipa alla formazione

dell'articolazione del ginocchio e presenta diverse strutture anatomiche: due condili, l'eminanza intercondiloidea, il tubercolo del Gerdy, la tuberosità tibiale e due aree intercondiloidee^{1,2}. I condili tibiali (mediale e laterale) sono due prominenze ossee, la cui superficie articolare permette alla tibia di articolarsi con il femore e la patella. La regione che comprende i condili tibiali, l'eminanza intercondiloidea e le aree intercondiloidee prende il nome di piatto tibiale. Nella porzione anteriore al condilo laterale è presente un'eminanza ossea palpabile, detta tubercolo del Gerdy nella quale si inserisce, in parte, la fascia lata. Medialmente rispetto al tubercolo è presente una prominenza ruvida che si estende in direzione distale, la tuberosità tibiale, che costituisce il punto di inserzione del tendine rotuleo. La diafisi tibiale presenta una sezione triangolare, più ampia nella regione prossimale, nella quale si possono distinguere una superficie antero-mediale, una antero-laterale e una posteriore. La faccia antero-mediale è liscia, come è possibile palpare al di sotto della cute, poiché non presenta alcuna inserzione muscolare. La faccia antero-laterale è concava nella sua metà prossimale, e convessa nella metà distale. Il margine antero-laterale viene detto anche margine interosseo poiché vi si inserisce la membrana interossea, che occupa lo spazio presente tra tibia e perone. La faccia posteriore è ruvida e presenta medialmente un solco per il passaggio dei tendini dei muscoli tibiale posteriore e flessore lungo delle dita. Nella sua parte superiore, è presente una rugosità ossea con decorso latero-mediale e cranio-caudale, chiamata linea del soleo, sede di inserzione muscolare. Appena al di sotto della linea è presente il foro nutritizio, che consente il passaggio ai vasi sanguigni che servono alla nutrizione dell'osso stesso. L'epifisi distale della tibia è la porzione di osso che si articola con le ossa del piede per formare l'articolazione della caviglia. Le componenti anatomiche più importanti sono il malleolo mediale, l'incisura fibulare ed il cosiddetto "mortaio". Il malleolo tibiale, o malleolo mediale, è un processo osseo la cui funzione principale è garantire stabilità all'articolazione della caviglia. A sostenere l'azione del malleolo mediale è un altro processo osseo, localizzato sul perone, che prende il nome di malleolo laterale (o malleolo peroneale). Queste porzioni ossee compongono la struttura nota come mortaio, che funziona come un incastro per la troclea astragalica, la cui parete posteriore è formata dalla faccia inferiore della tibia, quella laterale è data

dalla superficie mediale del malleolo peroneale, quella mediale dalla faccia articolare del malleolo tibiale. Per quanto riguarda la vascolarizzazione, la tibia riceve nutrienti da diversi vasi arteriosi^{3,4}. La maggior parte del sangue proviene dall'arteria poplitea, continuazione dell'arteria femorale superficiale, che decorre nella fossa poplitea. Questo vaso emette diversi rami, come l'arteria tibiale anteriore, che insieme ai rami periostali irroro la regione dell'epifisi e della metafisi prossimale, e l'arteria tibiale posteriore, che insieme all'arteria nutritiva vascolarizza la diafisi tibiale. La porzione distale dell'osso riceve sangue dall'arteria fibulare^{3,4}. Il drenaggio venoso avviene attraverso le vene tibiali anteriori e posteriori, che drenano nella vena poplitea nella regione posteriore del ginocchio. L'innervazione della tibia dipende dai rami nervosi del nervo sciatico: il ramo sciatico popliteo interno (SPI), nervo misto diretto alla regione posteriore, e il ramo sciatico popliteo esterno (SPE), che innerva la regione antero-laterale^{5,6}. Dopo la sua origine a livello del cavo popliteo, il nervo sciatico popliteo esterno decorre in basso e lateralmente. Nel suo decorso emette rami per il muscolo tibiale anteriore e per il nervo cutaneo laterale, poi circonda il collo chirurgico del perone dove si divide nei suoi rami terminali, il nervo peroniero profondo (ramo mediale) e il nervo peroniero superficiale (ramo laterale).

Figura n. 1: rappresentazione anatomica di tibia e perone



1.2 ANATOMIA DEL PERONE

Il perone, o fibula, è un osso lungo, pari, che si articola superiormente con la tibia e inferiormente partecipa alla formazione dell'articolazione della caviglia, articolandosi con la tibia e l'astragalo^{1,2}. L'epifisi prossimale del perone, detta testa perone, presenta due elementi distinti: la faccetta articolare e l'apice (detto anche processo stiloideo). La faccetta articolare è localizzata nella regione supero-mediale e prende contatto con la tibia per formare l'articolazione tibio-peroneale prossimale. L'apice della testa del perone è il punto di inserzione del muscolo bicipite femorale e del legamento fibulare del ginocchio. Il corpo del perone presenta tre facce, analogamente alla tibia: antero-mediale, antero-laterale e posteriore. La faccia antero-laterale, dove originano i muscoli peronieri, è convessa nella porzione prossimale e concava in quella distale. Lungo la faccia antero-mediale è presente una porzione più spessa, chiamata cresta interossea, sulla quale si inserisce l'omonima membrana. La faccia posteriore è rugosa e convessa, e fornisce l'inserzione per numerosi muscoli della loggia posteriore della gamba, come il soleo e il flessore lungo del primo dito. L'epifisi distale del perone caratterizzato dalla presenza di tre facce (mediale, antero-laterale e postero-laterale) e di un apice. Si porta in basso e posteriormente rispetto al malleolo tibiale, insieme al quale partecipa alla formazione del mortaio tibio-peroneale, di cui si è parlato nel capitolo precedente.

La vascolarizzazione del perone dipende da due vasi principali: l'arteria tibiale, che irroro la regione dell'epifisi prossimale, e l'arteria fibulare, nota anche come arteria peroneale, che diretta invece alla diafisi^{3,4}. Dal periostio originano numerosi vasi di piccole dimensioni che forniscono il sangue alle regioni più distali dell'osso.

La regione anatomica che comprende la superficie laterale del perone, la fascia profonda e il setto intermuscolare è chiamata compartimento inferiore laterale della gamba. All'interno di questo compartimento scorre il nervo fibulare superficiale^{5,6}, la cui componente motoria è responsabile dei movimenti di flessione plantare ed eversione. La superficie posteriore del perone, la fascia profonda e la membrana interossea formano invece i confini del compartimento posteriore degli arti inferiori, in cui decorre il nervo tibiale.

1.3 ANATOMIA DEL TESSUTO OSSEO

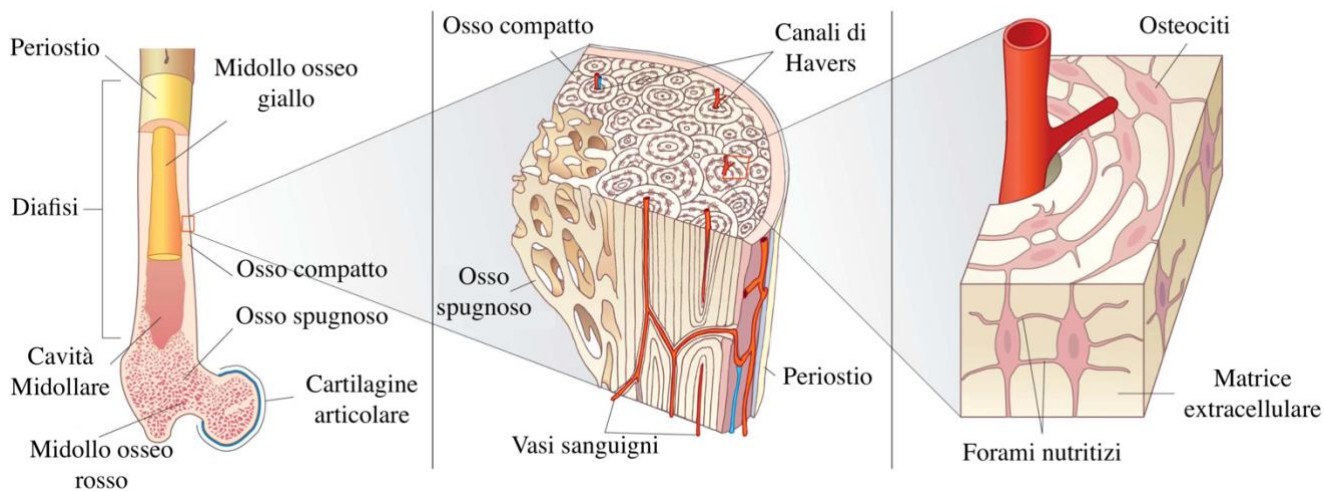
Il tessuto osseo svolge numerose funzioni: supporto meccanico alla locomozione, sito di inserzione muscolare, protezione degli organi vitali e riserva di calcio per l'organismo^{7,8}. Nel caso specifico della gamba, la tibia sostiene la maggior parte del peso corporeo, mentre il perone funge da sostegno, svolgendo soprattutto la funzione di stabilizzare l'articolazione della caviglia⁹.

A livello macroscopico, le ossa lunghe presentano un guscio esterno di tessuto osseo organizzato, che prende il nome di osso compatto. Nella diafisi, le pareti di osso compatto racchiudono una cavità interna, la cavità midollare, contenente il midollo osseo, tessuto emopoietico con la funzione di produrre tutti i tipi di cellule del sangue^{1,2}. A livello delle epifisi è presente uno strato esterno costituito da osso compatto, mentre lo spazio interno è riempito da osso spugnoso o trabecolare, caratterizzato da una struttura a rete di trabecole calcificate permeate da spazi riempiti da midollo osseo. Le trabecole sono orientate lungo le linee di stress meccanico a cui è sottoposto l'osso^{10,11}. Esternamente, le ossa sono ricoperte da una guaina di tessuto connettivo chiamata periostio, che sarà trattato in maniera approfondita in seguito. La sezione trasversa di un osso compatto permette di osservare la presenza di lamelle concentriche disposte attorno ad un canale centrale, che prende il nome di canale di Havers o osteonico, con andamento parallelo rispetto all'asse principale dell'osso. Il canale centrale e le sue lamelle costituiscono l'osteone (o sistema haversiano), l'unità strutturale dell'osso compatto. Lungo la loro lunghezza, i canali centrali sono uniti da passaggi trasversali e diagonali chiamati canali perforanti, o canali di Volkmann. Il canale centrale ed i canali perforanti contengono vasi sanguigni e nervi necessari al nutrimento e all'innervazione dell'osso.

A livello microscopico, il tessuto osseo è composto da cellule specializzate, quali osteociti, osteoblasti ed osteoclasti, immersi in una matrice extracellulare. Queste cellule sono disposte in piccole cavità chiamate lacune all'interno della matrice extracellulare. La matrice extracellulare è costituita principalmente da due componenti: collagene tipo I, una proteina fibrosa che conferisce al tessuto osseo resistenza alla trazione e alla torsione, e la componente minerale, costituita principalmente da

cristalli di idrossiapatite, dona al tessuto osseo durezza e la capacità di resistere a forze di compressione.

Figura n. 2: anatomia del tessuto osseo e membrane di rivestimento



1.4 MEMBRANE DI RIVESTIMENTO: ENDOSTIO E PERIOSTIO

Nelle ossa lunghe è presente uno strato di tessuto di tessuto connettivo che riveste la cavità midollare della diafisi, i canali di Havers e Volkmann, che prende il nome di endostio^{1,2}. Questa struttura è composta da un singolo strato di cellule, tra cui sono presenti fibroblasti e cellule osteoprogenitrici, le quali hanno la capacità di differenziarsi in osteoblasti. Per questo motivo l'endostio contribuisce in maniera diretta al processo di crescita e riparazione del tessuto osseo. Oltre alla funzione osteogenica, partecipa alla produzione di cellule emopoietiche, ossia le cellule non specializzate in grado di trasformarsi nelle cellule che fanno parte della componente corpuscolata del sangue¹².

Esternamente le ossa sono rivestite da una membrana di tessuto connettivo, detta periostio^{1,2,13,14}. Questo tessuto è localizzato su tutta la superficie ossea, fatta eccezione per aree di inserzione muscolare, legamentosa e le superfici articolari. A livello delle articolazioni, il periostio è in continuità con le capsule articolari. In generale, il periostio è più sottile dove l'osso è coperto da masse muscolari, mentre ha uno spessore maggiore quando l'osso si trova a diretto contatto con la cute. Il periostio si compone di due strati, uno interno o profondo, e uno esterno^{13,14,15}. Lo strato profondo, detto anche strato cambiale o strato osteogenico di Ollier, è composto da tessuto connettivo lasso,

costituito da fibre collagene ed elastiche, sostanza amorfa e una ridotta componente cellulare (fibroblasti e macrofagi). Lo strato profondo è ricco di vasi sanguigni e contiene cellule staminali mesenchimali e cellule osteogeniche. Se stimolate, le cellule staminali sono in grado di proliferare e differenziarsi in cellule epiteliali come fibroblasti e macrofagi, oppure cellule osteogeniche, come gli osteoblasti. I vasi sanguigni presenti a questo livello possono raggiungere l'osso sottostante e penetrare al suo interno attraverso i canali di Volkmann, dai quali possono raggiungere i canali di Havers. Lo strato esterno è costituito prevalentemente da tessuto connettivo fibroso, con prevalenza di fibre collagene. Alcune delle fibre collagene sono in continuità con i tendini dei muscoli e le capsule articolari mentre altre, dette fibre di Sharpey o fibre perforanti¹⁶, attraversano lo strato profondo per inserirsi nell'osso sottostante, costituendo l'ancoraggio del periostio. Le fibre di Sharpey hanno andamento perpendicolare oppure obliquo rispetto al sistema circolatorio dell'osso.

Da un punto di vista funzionale il periostio riveste un ruolo importante:

- Rappresenta una fonte di nutrimento per l'osso sottostante, in quanto ricco di vasi sanguigni che forniscono nutrienti e ossigeno al tessuto osseo, contribuendo al suo trofismo^{9,12,17};
- Fornisce supporto ai vasi sanguigni e alle strutture nervose. Oltre ad essere riccamente vascolarizzato è anche ricco di terminazioni nervose, che lo rendono sensibile al dolore e alle lesioni^{18,19,20};
- Isola le strutture ossee dai tessuti circostanti^{13,14} ed è un sito di inserzione per muscoli e tendini, grazie alle fibre di collagene presenti nello strato fibroso esterno^{1,2};
- Interviene nell'accrescimento osseo e nei processi riparativi. Dopo una frattura, il periostio contribuisce alla guarigione ossea favorendo la formazione del callo osseo, una struttura temporanea che protegge e stabilizza la zona lesionata mentre l'osso si ripara^{9,12,17}.

1.5 ANATOMIA DELLA MEMBRANA INTEROSSEA

La membrana interossea è una struttura di tessuto connettivo fibroso che contribuisce alla stabilità dei segmenti ossei che mette in rapporto. Nella gamba, la membrana collega la cresta interossea presente sul margine laterale della tibia e quella localizzata sul margine mediale del perone^{1,2,21}. Questo tipo di articolazione rientra tra le articolazioni fibrose (sindesmosi), in cui i segmenti ossei sono uniti da fibre collagene che emergono da un osso, attraversano lo spazio presente tra le ossa e penetrano nell'altro^{1,2}. Si tratta di una categoria di articolazioni in cui il movimento tra i segmenti ossei è limitato a gradi minimi. Il tessuto che costituisce la membrana interossea è prevalentemente connettivo denso, con un'elevata percentuale di fibre collagene tipo 1 e di fibre elastiche. Le fibre collagene sono responsabili del trasferimento delle forze in direzione longitudinale e obliqua tra tibia e perone, mentre le fibre elastiche permette alla membrana interossea di adattarsi ai movimenti dei segmenti ossei. Durante il loro decorso, le fibre si intersecano tra di loro formando una struttura a rete, in cui possiamo distinguere una rete fibrosa principale di fasci di grande diametro e da una rete secondaria di fibre più sottili²². Questa organizzazione permette alla membrana interossea di trasferire in maniera uniforme le forze tra tibia e perone evitando che una delle due ossa subisca un carico eccessivo²³. È stato dimostrato che la porzione distale della membrana sia più spessa rispetto ai segmenti medi e prossimali, adattamento che rispecchia la necessità di stabilizzare maggiormente l'articolazione della caviglia^{21,24}. Sono presenti anche fibre perforanti, o fibre di Sharpey, che si inseriscono direttamente nell'osso come punto di ancoraggio, per proiettarsi nello spazio interosseo fino a raggiungere la superficie ossea adiacente. Da un punto di vista funzionale, la presenza della membrana interossea consente a tibia e perone di lavorare insieme come un'unica unità funzionale durante la deambulazione ed i movimenti del piede e della gamba, garantendo la stabilità e resistenza anche alle articolazioni di ginocchio e caviglia²³. Oltre a garantire il contatto tra tibia e perone e favorire la trasmissione delle forze durante il movimento, separa i muscoli della loggia anteriore della gamba da quelli della loggia posteriore e, soprattutto nella sua porzione prossimale, fornisce una superficie di inserzione alcuni di essi²¹. Inoltre, la membrana interossea è ricca di vasi sanguigni e

nervi, diretti alle strutture ossee e muscolari presenti nella gamba e nel piede. Come è stato dimostrato in diversi studi^{21,25}, sono presenti numerose terminazioni nervose libere, corpuscoli di Pacini e corpuscoli di Ruffini, che consentono la trasmissione di informazioni sensoriali e cinestesiche, aumentando le informazioni propriocettive e di conseguenza la qualità del controllo motorio dell'arto inferiore²⁶.

1.6 STRUTTURE MUSCOLARI DELLA GAMBA

Nella descrizione dei muscoli presenti nella gamba, è possibile distinguere l'arto in 3 regioni: la loggia anteriore, la loggia laterale e quella posteriore. In linea generale, la loggia anteriore contiene i muscoli attivi nell'estensione delle dita e nella flessione dorsale del piede, quella laterale comprende i muscoli specializzati nel movimento di eversione o pronazione del piede stesso. La loggia posteriore, più voluminosa, contiene uno strato superficiale di muscoli, coinvolti nella flessione plantare del piede, e uno strato profondo, attivi nella flessione delle dita.

1.6.1 LOGGIA ANTERIORE

La loggia anteriore della gamba ospita 3 strutture muscolari^{1,2}:

- Tibiale anteriore: origina dal condilo laterale e dalla metà prossimale della superficie anteriore della tibia, e dalla membrana interossea. Si inserisce sulla superficie mediale e plantare dell'osso cuneiforme mediale e del primo osso metatarsale. La sua contrazione determina la flessione dorsale di caviglia e l'inversione del piede.
- Estensore lungo delle dita: origina dal condilo laterale della tibia, dalla superficie anteriore della diafisi del perone e dalla membrana interossea. Si inserisce, tramite quattro tendini, sulla superficie dorsale delle dita dal secondo al quinto. La sua funzione è quella di estendere le articolazioni delle articolazioni metatarso-falangee, contribuendo alla flessione dorsale di caviglia e all'eversione del piede.

- Estensore lungo dell'alluce: origina dalla superficie anteriore del perone e dalla membrana interossea, per inserirsi alla base della falange distale dell'alluce, nella sua superficie dorsale. La sua contrazione determina l'estensione delle articolazioni interfalangea e metatarso-falangea dell'alluce, ma contribuisce anche la flessione dorsale della caviglia e l'inversione del piede.

1.6.2 LOGGIA LATERALE

La loggia laterale è anch'essa costituita da 3 muscoli^{1,2}:

- Peroniero lungo: origina dal condilo laterale della tibia e dai due terzi prossimali della superficie laterale del perone, per inserirsi nella porzione laterale del primo osso metatarsale e nell'osso cuneiforme mediale. La sua azione è quella di produrre l'eversione del piede, assistendo la flessione plantare della caviglia.
- Peroniero breve: origina dalla porzione distale della superficie laterale del perone, andando a inserirsi lateralmente alla base del quinto osso metatarsale. Contraendosi permette l'eversione del piede e contribuisce alla flessione plantare della caviglia.
- Peroniero terzo: origina dal terzo distale della superficie anteriore del perone e dalla membrana interossea, per inserirsi alla base del quinto osso metatarsale, nella sua superficie dorsale. La sua contrazione determina la flessione dorsale di caviglia e l'eversione del piede.

1.6.3 LOGGIA POSTERIORE

Per quanto riguarda la loggia posteriore, questa può essere divisa in un compartimento muscolare superficiale e uno profondo. Nel comparto superficiale troviamo i muscoli^{1,2}:

- Gastrocnemio: formato da due capi distinti. Il capo mediale origina dal condilo mediale del femore, mentre il capo laterale dal condilo laterale del femore. Si inseriscono sulla parte media della superficie posteriore del calcagno. La sua contrazione determina la flessione plantare di caviglia (ginocchio fisso) e la flessione di ginocchio (caviglia fissa).

- Soleo: origina dalla superficie posteriore della testa del perone e dalla porzione prossimale della diafisi del perone, dalla linea del soleo (tibia) e dal margine mediale della tibia. Si inserisce con il tendine del gastrocnemio sulla superficie posteriore del calcagno. L'azione muscolare produce la flessione plantare di caviglia.
- Plantare: origina dalla linea sovracondiloidea laterale del femore, per inserirsi sulla porzione posteriore del calcagno. Svolte un'azione sinergica a quella del gastrocnemio.

Nel compartimento profondo^{1,2}:

- Flessore lungo delle dita: origina dai 3/4 distali della superficie posteriore della tibia e si inserisce alla base delle falangi distali dal secondo al quinto dito, nella loro superficie plantare. Contraendosi produce la flessione delle articolazioni interfalangee e metatarso-falangee dal secondo al quinto dito. Inoltre, assiste alla flessione plantare della caviglia e all'inversione del piede.
- Flessore lungo alluce: origina dai 2/3 distali della superficie posteriore del perone e dalla membrana interossea, per inserirsi alla base della falange distale dell'alluce, nella sua superficie plantare. La sua contrazione determina la flessione dell'articolazione interfalangea dell'alluce, ma contribuisce anche alla flessione dell'articolazione metatarso-falangea, la flessione plantare della caviglia e l'inversione del piede.
- Tibiale posteriore: origina dalla membrana interossea, dalla superficie posteriore della tibia e dalla superficie posteriore del perone. Si inserisce sull'osso scafoide, sui tre cuneiformi, l'osso cuboide e la base del secondo, terzo e quarto osso metatarsale. La sua funzione è quella di produrre l'inversione del piede, assistendo la flessione plantare di caviglia e sostenendo l'arco plantare longitudinale.

1.7 ANALISI BIOMECCANICA DELLA LOCOMOZIONE

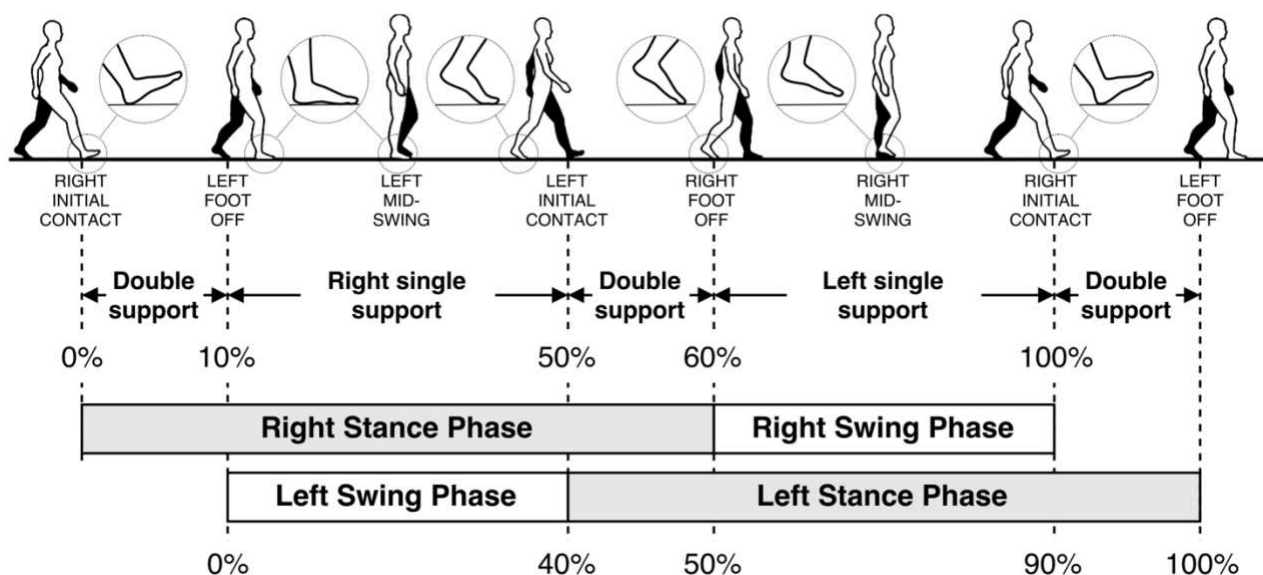
Il cammino è un complesso risultato di interazioni biomeccaniche coordinate che coinvolgono le articolazioni, i muscoli, i tendini e le ossa con l'obiettivo di spostare il centro di massa del corpo²⁷. L'analisi biomeccanica del cammino, nota come "gait analysis," rappresenta un campo di ricerca e pratica multidisciplinare di grande importanza nel mondo della medicina, della riabilitazione e dello sport. Attraverso l'analisi cinematica e biomeccanica del cammino, è possibile definire il ciclo del passo (gait cycle) come il periodo che intercorre tra due appoggi successivi dello stesso arto al terreno^{28,29,30,31}. Questo ciclo può essere suddiviso in due fasi: "Stance", o fase di appoggio, durante la quale il piede è a contatto con il terreno, e la fase di "Swing", o fase di trasferimento, durante la quale il piede viene portato in avanti per prepararsi all'appoggio successivo³². La combinazione di più gait cycle successivi produce la locomozione fisiologica²⁹. Nel il cammino è presente un periodo di doppio appoggio, in cui entrambi i piedi sono al suolo ed il carico del peso corporeo è equamente diviso sui piedi³¹. Nella deambulazione, la fase di stance occupa circa il 60% del gait cycle, mentre nella corsa si riduce sensibilmente, arrivando fino al 37% nello sprint^{33,34}. Durante il movimento il corpo produce una spinta verticale ed orizzontale, in cui il bacino compie un andamento sinusoidale sul piano sagittale²⁷. In particolare, raggiunge il punto più basso durante il doppio appoggio e quello più alto durante l'appoggio monopodalico³².

La corsa è una naturale progressione del cammino bipodalico, che utilizziamo quando risulta necessario aumentare la velocità di movimento. La transizione dalla camminata alla corsa avviene non per l'incapacità di camminare veloce, ma per la maggior efficienza energetica della corsa quando raggiungiamo velocità di circa 2.2 m/s^{35,36}. Per questo motivo, la corsa e il cammino condividono molti aspetti dal punto di vista biomeccanico. In primis, come nella deambulazione, la corsa è un'azione ciclica che può essere descritta e suddivisa in diverse fasi. Nello specifico, si parla di corsa quando scompare il doppio appoggio dei piedi e compare la fase di volo, quindi un momento in cui i piedi non prendono contatto con il suolo, uno all'inizio e uno alla fine dello swing^{27,31}. Tuttavia, a differenza del cammino, in cui può essere descritto un pattern generale dei movimenti,

dell'attivazione muscolare e della cinematica articolare, nella corsa questi parametri variano di molto se si considerano varie velocità di corsa, da un lento jogging ad una gara di velocità^{30,37}. Per questo motivo si possono distinguere due pattern differenti: la corsa di lunga durata, adatta ad essere mantenuta per distanze o periodi di tempo prolungati, e lo sprint, quindi una corsa veloce che può essere mantenuta solamente per brevi distanze o periodi di tempo molto ridotti.

Per quanto riguarda le forze in gioco, è opportuno fare riferimento ai momenti angolari. Si tratta di grandezze vettoriali che rappresentano la tendenza di un corpo a ruotare attorno ad un asse di rotazione. Nella locomozione, i momenti angolari vengono utilizzati per descrivere forza sviluppata a livello delle articolazioni del ginocchio, dell'anca e della caviglia. Durante il cammino, il momento angolare prevalente è a livello di caviglia, mentre la restante quota è a carico dell'anca^{32,37}. Il ginocchio funge da ammortizzatore, pertanto il momento angolare avrà un valore negativo^{27,31,37}. A differenza del cammino, durante la corsa l'attivazione muscolare e cinematica articolare variano in termini di intensità e durata in funzione della velocità³⁸: esiste un rapporto di proporzionalità diretta tra la velocità di corsa e le forze in gioco, per cui l'aumento di velocità richiede una maggiore escursione articolare e una maggior forza muscolare³⁹. Analogamente, esiste un rapporto di proporzionalità inversa tra il tempo di contatto al suolo e la velocità della corsa; pertanto, un tempo breve corrisponde ad una velocità di movimento più elevata⁴⁰.

Figura n. 3: gait analysis (cammino)



1.7.1 ANALISI CINEMATICA

La cinematica descrive il movimento di un corpo senza prendere in considerazione le forze in gioco. Analizzando la corsa, il gait cycle può essere diviso in due fasi: la fase di stance e quella di swing.

STANCE: inizia con il contatto del piede al suolo e termina con il movimento di estensione dell'arto. Si tratta dell'unica fase in cui il podista può produrre la forza necessaria ad avanzare il proprio centro di massa²⁷. È possibile suddividere la fase di stance in 3 momenti differenti:

- **Contatto al suolo:** inizia quando il piede entra in contatto con il terreno (foot strike). Una volta avvenuto il contatto del piede, il peso del corpo viene trasferito alla gamba e inizia l'assorbimento di energia da parte delle strutture muscolo tendinee^{41,42,43}. Durante il cammino e la corsa il contatto iniziale avviene con il tallone, sebbene nella corsa sia necessaria una maggiore flessione dorsale di caviglia^{41,44}. Nello sprint, il contatto iniziale si verifica sull'avampiede, grazie alla posizione verticale della tibia che consente alla caviglia di mantenere una posizione neutra o di dorsiflessione minima^{45,46}.
- **Sostegno:** dopo il contatto iniziale, l'appoggio si porta sul margine esterno del piede, favorito dall'azione di flessione dorsale e supinazione del tibiale anteriore^{47,48}. Durante l'accettazione del carico, la caviglia si trova in posizione di pronazione, associata alla rotazione esterna della tibia, in maniera tale da ammortizzare il contatto iniziale e contribuendo all'assorbimento dell'energia da parte delle strutture muscolo-tendinee^{41,42,43}. Da un punto di vista biomeccanico il piede d'appoggio si trova, idealmente, sull'asse del baricentro corporeo⁴⁹. Tuttavia, lo schema di corsa può variare di molto e, soprattutto nei runner meno esperti, l'appoggio tende a spostarsi anteriormente rispetto all'asse del baricentro³⁶. Questo difetto aumenta le forze frenanti (breaking impulse), riducendo l'efficacia del gesto, che diventa meno economico⁴⁹.
- **Spinta:** mentre l'arto libero avanza, inizia la fase di produzione di energia da parte della gamba in carico, che determina l'avanzamento lineare e orizzontale del bacino^{50,51}. La contrazione isometrica dei muscoli permette di mantenere il bacino in posizione ed il corpo stabile, evitando

1.7.2 ANALISI CINETICA

La cinetica descrive i fenomeni di moto in relazione ai corpi interessati e alle grandezze (energia cinetica, momenti angolari) ad essi relative. In relazione alla corsa è possibile analizzare i 3 snodi principali: caviglia, ginocchio e anca.

Durante la corsa, il modello del momento della caviglia è simile a quello della camminata, in cui il contatto iniziale avviene con il tallone^{27,31}. L'avampiede prende contatto con il terreno controllato dall'azione eccentrica dei muscoli tibiali anteriori^{41,55}. Durante lo sprint non si verifica la flessione dorsale, in quanto il contatto iniziale avviene a livello dell'avampiede, seguito da una rapida flessione plantare⁵⁶. L'energia totale assorbita alla caviglia è maggiore nello sprint che nella corsa⁵⁷. Gran parte dell'energia cinetica viene convertita in energia potenziale elastica, venendo immagazzinata nelle strutture muscolo-tendinee grazie alle loro proprietà viscoelastiche^{41,42,53,58}.

Il momento a livello del ginocchio è molto simile per quanto riguarda la corsa e lo sprint.

Durante il contatto iniziale, il quadricipite si contrae in maniera eccentrica, assorbendo energia cinetica^{41,42,55}. Nello sprint, invece, la maggior parte dell'energia è assorbita a livello di caviglia da parte dei muscoli flessori plantari, aumentando il rischio di sviluppare MTSS⁴⁵. Al momento della spinta, si verifica la contrazione concentrica del quadricipite che, insieme ai muscoli estensori d'anca, genera parte dell'energia necessaria alla propulsione⁴⁶. Nella fase iniziale dell'oscillazione, il retto femorale compie una contrazione eccentrica per prevenire la flessione di ginocchio generata dagli hamstring^{50,59}. In maniera analoga, durante la fase finale dello swing, i muscoli posteriori della coscia si contraggono eccentricamente insieme al gastrocnemio per controllare la quantità di moto della tibia e prevenire l'ipertensione del ginocchio data dalla contrazione del quadricipite^{51,56}.

Il modello del momento dell'anca presenta un picco nelle fasi finali dello swing e nelle fasi iniziali della stance, dove gli estensori dell'anca sono dominanti per preparare l'arto al contatto iniziale⁴⁶. Al contrario, i flessori dell'anca sono dominanti nella seconda metà della fase di stance e nella prima parte dello swing, in maniera da decelerare il movimento della coscia e favorirne l'avanzamento^{46,52,55}.

1.8 MEDIAL TIBIAL STRESS SYNDROME

Il dolore a carico della tibia è una condizione clinica che può essere associato a molteplici cause: fratture, sindrome compartimentale (soprattutto a livello della loggia posteriore), intrappolamento di arterie o nervi (come per esempio dell'arteria poplitea), trombosi venose profonde (TVP), lesioni muscolari. Un aspetto di particolare interesse riguarda la manifestazione del dolore localizzato nella regione postero-mediale della tibia. Tale sintomo prende il nome di "Medial Tibial Stress Syndrome" (MTSS) o "shin splints". Si tratta di una lesione da sovraccarico a livello della tibia, spesso associata ad infiammazione del periostio. Tra i podisti è un tipo infortunio molto comune, che comprende fino al 35% di tutte le lesioni legate alla corsa^{60,61}.

Ad oggi non esiste una definizione univoca per descrivere questa patologia. In letteratura, la definizione più accreditata di MTSS è quella di Yates et al.⁶⁰ "dolore lungo il bordo postero-mediale della tibia che si verifica durante l'esercizio fisico, escludendo dalle cause il dolore di origine ischemica o dovuto a fratture da stress". Inoltre, per la diagnosi devono essere rispettati altri due parametri, quali la presenza di dolore lungo il margine postero-mediale della tibia in un'area di almeno 5 cm e l'aumento del dolore alla palpazione di tale area.

Da un punto di vista fisiopatologico, inizialmente si pensava che la MTSS fosse causata dalla trazione esercitata dalle strutture muscolari sul periostio. Nello specifico, lo studio di Beck et al.⁶² afferma che i muscoli soleo, tibiale posteriore e flessore lungo delle dita siano coinvolti nei meccanismi patogenici. A sostegno di questa tesi, Bouché et al.⁶³ hanno riscontrato che il dolore tibiale potesse essere dovuto alla ripetuta trazione dei muscoli della loggia posteriore a livello del periostio. Inoltre, è importante tenere presente che anche la fascia crurale prende inserzione sul bordo mediale della tibia, e risulta infiammata nei soggetti colpiti da MTSS⁶⁴. Una stimolazione eccessiva può determinare l'interruzione delle fibre di Sharpey, che mettono in collegamento la fascia crurale, il periostio e la tibia. Stress ripetuti possono condurre a sviluppare periostite, stato infiammatorio correlato a diverse cause, tra cui l'intensità dell'esercizio e le superfici di allenamento.

In uno studio di Kudo & Hatanaka⁶⁵ viene analizzata la correlazione tra l'insorgenza di MTSS e la morfologia dell'arco plantare. Nei podisti che atterrano di retropiede è maggiore l'incidenza di lesioni da stress rispetto ai podisti che atterrano di avampiede⁶⁶. Viceversa, una corsa di avampiede produce un maggiore stress a livello delle articolazioni di ginocchio e caviglia, e richiede una maggiore forza muscolare da parte dei muscoli flessori plantari⁶⁷. Quest'ultimo fattore è un indicatore positivo in quanto la muscolatura esercita un ruolo protettivo per le articolazioni, ma allo stesso tempo può essere interpretato negativamente per il maggior stress a carico dell'apparato muscolo-scheletrico. Lo studio conclude che la flessibilità dell'arco plantare trasversale è significativamente minore nei soggetti che sviluppano MTSS. L'arco trasversale coinvolge i metatarsali ed è mantenuto da stabilizzatori statici, come i legamenti metatarsali trasversali profondi, e dinamici, come i muscoli peroniero lungo e adduttore del pollice⁶⁸. Una rigidità di queste strutture riduce la flessibilità dell'arco trasversale plantare, che perde la capacità di assorbire in maniera efficace il carico corporeo, con conseguente aumento dello stress tibiale.

Altre ricerche hanno invece studiato le alterazioni a carico del tessuto osseo nei soggetti con diagnosi di MTSS, analizzando la correlazione tra lo stress osseo e l'insorgenza di dolore tibiale. Quando una persona inizia un programma di esercizi, l'osso subisce cambiamenti metabolici, caratterizzati dall'aumento del riassorbimento osseo nelle aree più coinvolte, in particolare a livello del margine postero-mediale concavo, che viene compresso durante la locomozione. In condizioni fisiologiche, il riassorbimento è seguito dalla deposizione di nuova matrice ossea per aumentare la resistenza dell'osso e consentire una maggiore resistenza alle forze di compressione⁶². Quando l'esercizio supera la soglia di tolleranza dell'osso si verifica l'alterazione dell'equilibrio tra riassorbimento e deposizione di matrice⁶⁹. I siti più coinvolti sono quelli in cui le forze sono maggiori, come per esempio i 3/4 distali della diafisi tibiale⁷⁰, in cui l'osso è più sottile. A conferma di questi studi sono presenti diverse analisi strumentali in pazienti con diagnosi di MTSS. Si è osservata la presenza edema osseo⁷¹ oppure aree a ridotta densità ossea a livello della tibia durante l'analisi con TC⁷² e con

scintigrafia ossea⁷³. Parallelamente, al miglioramento dei sintomi, si è riscontrato un ritorno ai normali valori di densità ossea⁷⁴.

Analizzando la fisiopatologia di insorgenza della MTSS, è possibile definirla come una patologia da sovraccarico. In una patologia da sovraccarico, il susseguirsi di stimoli allenanti eccessivi contribuisce, insieme ai fattori di rischio intrinseci ed estrinseci, all'eziologia multifattoriale dell'infortunio⁷⁵. Pertanto, le cause scatenanti possono essere relative al carico di allenamento, ma anche ad un recupero incompleto oppure una preparazione iniziale insufficiente, che possono esporre i podisti a picchi di carico sopra la soglia di tolleranza⁷⁶. Oltre a questi fattori, anche una tecnica di corsa non ottimale può predisporre i podisti a lesioni da sovraccarico degli arti inferiori. Analizzando nello specifico la biomeccanica della corsa e le forze in gioco, è importante tenere presente che la tecnica di corsa può influenzare in maniera sostanziale il carico tibiale⁷⁷, come osservato quando si corre con diverse lunghezze di passo⁷⁸ e larghezze⁷⁹. Anche la velocità di corsa può influenzare il carico tibiale⁸⁰, con uno stress tibiale maggiore per velocità più elevate.

È possibile definire come “PTA” il picco di accelerazione tibiale, che si verifica subito dopo la presa di contatto del piede al suolo⁸¹. Questo indice può essere utilizzato per misurare il carico esterno applicato alla tibia durante la corsa. In particolare, questo valore appare più alto in condizioni di stress e fatica dovuti ad un esercizio intenso⁸². Anche un'eccessiva pronazione del piede può alterare la distribuzione del carico e aumentare le forze che agiscono sulla tibia, in quanto la pronazione è associata ad un aumento della rotazione interna della tibia e delle forze torsionali⁸³.

Numerosi studi hanno dimostrato che, durante la corsa, le forze esercitate sulla tibia hanno una tendenza a flettere l'osso in direzione posteriore^{39,79}. Una deformazione verso la concavità posteriore determina uno stress in trazione nel comparto anteriore e uno stress in compressione nel versante posteriore. La maggior parte delle forze che tendono a deformare la tibia proviene dalla contrazione muscolare⁸⁴, in particolare a livello del muscolo soleo³⁹, mentre la restante quota proviene dalle forze di reazione al suolo.

Sulla base di queste informazioni, si ritiene che le cause di MTSS siano molteplici e comprendano lo stress esercitato dalle strutture muscolari sul periostio e le reazioni da stress dell'osso tibiale. Oltre alle cause precedentemente citate sono presenti diversi fattori di rischio, estrinseci o intrinseci. Tra questi troviamo l'eccessiva pronazione del piede, lo squilibrio di forza tra i muscoli che agiscono sulla caviglia, BMI elevato, un brusco aumento dell'intensità o del volume di allenamento, la corsa su superfici dure o l'utilizzo di calzature non adeguate^{60,85,86}. Attualmente la diagnosi di MTSS è basata sulla clinica del paziente e sull'esclusione di altre patologie che potrebbero causare sintomi simili, come la presenza di microfratture a carico della tibia, la sindrome compartimentale o le altre cause precedentemente citate. Generalmente, la MTSS si manifesta come un dolore localizzato sul bordo postero-mediale della tibia, spesso aggravato dall'esercizio fisico. In alcuni pazienti può comparire ad inizio attività per poi ridursi progressivamente durante la fase di riscaldamento, ma nella maggior parte dei casi aumenta gradualmente durante il corso dell'allenamento, rendendo necessaria l'interruzione della seduta. I sintomi associati più comuni includono gonfiore, arrossamento e calore localizzati nella regione postero-mediale della gamba.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Obiettivo dello studio

Questa tesi si prefigge l'obiettivo di ricercare in letteratura tutti i possibili interventi conservativi per il trattamento della Medial Tibial Stress Syndrome nei runners, e di confrontarli per identificare, quando possibile, la superiorità di un intervento rispetto agli altri.

2.2 Fonti dei dati e Strategia di Ricerca

La presente revisione sistematica è stata condotta utilizzando le linee guida “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA)⁸⁷, che sono state utilizzate per monitorare tutte le fasi della ricerca. È stata condotta una ricerca esaustiva della letteratura elettronica, assistita da un bibliotecario medico, nel febbraio 2023 utilizzando tre diverse banche dati: PubMed/MEDLINE⁸⁸, ISI/Web of Science (WoS)⁸⁹ e Scopus⁹⁰.

In ciascuna banca dati è stata effettuata una ricerca avanzata utilizzando una stringa di parole chiave relative alla MTSS, basata su tre componenti principali: Medial Tibial Stress Syndrome, trattamento e runners, e utilizzando i rispettivi operatori Booleani. La stringa di ricerca utilizzata è la seguente: [(medial tibial stress syndrome) OR (periostitis) OR (periostalgia) OR (medial tibial pain) OR (MTSS) OR (medial shin pain)] AND [(treatment) OR (manual therapy) OR (physiotherapy) OR (conservative) OR (therapy) OR (exercise)] AND [(running) OR (run) OR (runners)].

Sono stati analizzati tutti gli articoli pubblicati tra il 1° gennaio 2002 e il 31 dicembre 2022.

2.3 Criteri di Inclusione

È stato utilizzato un periodo di 20 anni e sono stati inclusi solo gli articoli scritti in inglese e registrati come Articoli Originali. Sono stati selezionati solo studi clinici randomizzati, studi di coorte, studi caso-controllo e serie di casi che soddisfacevano i seguenti criteri PICOS:

1. **POPOLAZIONE:** atleti professionisti e semi-professionisti di sesso maschile e femminile, runner occasionali e soldati o reclute in servizio che partecipavano a programmi sportivi. Questi soggetti dovevano riportare dolore, localizzato o diffuso, a livello del bordo mediale della tibia, indotto dalla pratica di attività fisica, in particolare della corsa.
2. **INTERVENTO:** applicazione di protocolli di trattamento per l'insorgenza di Medial Tibial Stress Syndrome, tra cui allenamento specifico (utilizzando stretching statico-dinamico, esercizi mirati come il rinforzo dei muscoli della loggia posteriore e anteriore della gamba), fisioterapia, terapie fisiche (come onde d'urto, laser, proloterapia) oppure ortesi.
3. **CONTROLLI:** sono stati selezionati studi in cui era presente una misurazione prima e dopo l'intervento, o in cui vi fosse un gruppo di controllo omogeneo a quello che svolgeva l'intervento.
4. **RISULTATI:** sono stati inclusi gli studi che fornivano come outcomes: il tempo di recupero dall'inizio del trattamento misurato in giorni o settimane, il miglioramento della qualità di vita e/o della performance, la riduzione del dolore a riposo o durante la corsa. Come Scale o questionari di valutazione sono state utilizzate: la GRC (Global Rating of Change) per misurare il cambiamento dello stato di salute percepito dal paziente, che va da un punteggio minimo di 0 a un punteggio massimo di 10, in cui il paziente percepisce di aver recuperato il 100% dello stato di salute; le scale VAS e NRS per la valutazione dell'intensità del dolore; le scale SARS (Sports Activity Rating Scale), DPA (Disabilityment in the Physically Active) e SF-36 (Short Form Health Survey) utilizzate per valutare la qualità della vita correlata alla salute in popolazioni di pazienti atletici e altamente funzionali. Due studi utilizzano la scala miniTSS⁹¹, scala validata per la valutazione della severità della MTSS, che misura in maniera specifica il dolore tibiale e le limitazioni funzionali ad esso correlate.

2.4 Criteri di Esclusione

Sono stati esclusi tutti gli articoli che non analizzavano popolazioni di runners e che non erano scritti in inglese. Sono stati esclusi anche gli studi che presentavano popolazione troppo giovane (età minore di 18 anni) e troppo anziana (età maggiore di 60 anni), insieme agli studi che comprendevano soggetti sottoposti a interventi chirurgici nei 12 mesi precedenti allo studio.

Sono stati esclusi anche i case report, le interviste, capitoli di libri, rilascio di opinioni, singoli commenti, le revisioni narrative, le revisioni sistematiche, le meta-analisi e gli articoli duplicati o gli articoli in cui non era disponibile il full-text.

2.5 Metodo di Selezione

Questa procedura si è basata sulle linee guida PRISMA, che consiste nell'identificare e valutare gli studi adatti alla revisione. Lo screening è stato svolto analizzando il contenuto del titolo e/o dell'abstract. Se non era possibile determinare l'inclusione o l'esclusione dell'articolo in base al titolo e/o all'abstract, veniva recuperato e letto l'articolo completo. È stata anche effettuata una ricerca incrociata degli articoli selezionati per ottenere altri articoli rilevanti per lo studio.

2.6 Estrazione dei Dati

Dagli studi inclusi nella presente revisione sono stati estratti e inseriti in un file Excel tutti i dati rilevanti degli articoli, che comprendevano autore, data di pubblicazione, design dello studio, numero di pazienti inclusi, sesso, età media, pazienti persi nel follow-up, e tutte le misure di outcome, come i giorni per completare il trattamento, e le scale VAS, NRS, GRC, SARS, DPA, SF-36 e MTSSscore.

2.7 Valutazione della Qualità

Data l'eterogeneità degli studi, sia in termini di disegno dello studio che di metodologia adottata, è stata utilizzata la scala di valutazione sviluppata da Von Elm per valutare criticamente la qualità degli studi selezionati e inclusi nella presente revisione sistematica. Questa scala prevede una checklist

composta da 22 elementi (documento STROBE) riguardanti il titolo, il sommario, l'introduzione, le sezioni dei metodi, i risultati e la discussione degli articoli⁹². Dei 22 item presenti, 18 voci sono comuni ai tre disegni di studio (studi di coorte, caso-controllo e trasversali), mentre quattro (gli elementi 6, 12, 14 e 15) sono specifici per i diversi disegni. È stato attribuito a ciascun item 1 punto se lo studio soddisfaceva pienamente i criteri e, in caso contrario, 0 punti.

Per una rappresentazione grafica, si veda la **Tabella n.1**.

Tabella n.1: elenco voci analisi qualità

Item 1	(a) Indicare il disegno dello studio nel titolo o nell'abstract con un termine usato frequentemente (b) Fornire nell'abstract un riassunto informativo ed equilibrato di ciò che è stato fatto e di ciò che è stato osservato
Item 2	Spiegare le premesse scientifiche e il razionale della ricerca proposta per la pubblicazione
Item 3	Indicare gli obiettivi specifici, comprese tutte le ipotesi prespecificate
Item 4	Presentare gli elementi fondamentali del disegno dello studio nella parte iniziale del lavoro
Item 5	Descrivere il contesto (setting), le sedi e le date rilevanti, compresi i periodi di reclutamento, d'esposizione, di follow-up e raccolta dei dati
Item 6	a) Studio di coorte - Indicare i criteri di eleggibilità, le fonti dei partecipanti e i metodi di selezione dei partecipanti. Descrivere i metodi di follow-up Studio caso-controllo - Indicare i criteri di eleggibilità, le fonti dei casi e i metodi di accertamento dei casi e di selezione dei controlli. Indicare il razionale per la scelta dei casi e dei controlli Studio trasversale - Indicare i criteri di eleggibilità, le fonti dei partecipanti e i metodi di selezione dei partecipanti. b) Studio di coorte - per studi appaiati, indicare i criteri di appaiamento e il numero dei partecipanti esposti e non esposti Studio caso-controllo - per studi appaiati, indicare i criteri di appaiamento e il numero dei controlli per caso
Item 7	Definire in modo chiaro tutti gli esiti, le esposizioni, i fattori predittivi, i possibili fattori di confondimento e i fattori modificanti l'effetto. Indicare i criteri diagnostici, se applicabile
Item 8	Per ciascuna variabile di interesse, indicare le fonti dei dati ed esporre dettagliatamente i metodi di valutazione (rilevazione). Illustrare la comparabilità dei metodi di valutazione se vi è più di un gruppo
Item 9	Descrivere tutti gli sforzi volti a considerare le possibili fonti di errori sistematici (bias)
Item 10	Spiegare come si è raggiunta la dimensione dello studio
Item 11	Spiegare come sono state gestite le variabili quantitative nelle analisi. Se applicabile, descrivere quali raggruppamenti sono stati scelti e perché
Item 12	(a) Descrivere tutti i metodi statistici, compresi quelli usati per controllare per i fattori di confondimento (b) Descrivere i metodi usati per esaminare i sottogruppi e le interazioni (c) Spiegare come sono stati trattati i dati mancanti (d) Studio di coorte - Se applicabile, spiegare come è stata trattata la perdita nel corso del follow-up Studio caso-controllo - Se applicabile, spiegare come è stato trattato l'appaiamento dei casi con i controlli Studio trasversale - Se applicabile, descrivere i metodi analitici tenendo conto della strategia di campionamento (e) descrivere le eventuali analisi di sensibilità
Item 13	(a) Riportare il numero di individui in ciascuno stadio dello studio - ad es., numero di individui potenzialmente eleggibili, esaminati per l'eleggibilità, confermati come eleggibili, inclusi nello studio, che hanno completato il follow-up e che sono stati analizzati (b) Indicare le motivazioni della mancata partecipazione a ciascuno stadio (c) Considerare l'uso di un diagramma di flusso
Item 14	(a) Indicare le caratteristiche dei partecipanti allo studio (ad es., demografiche, cliniche, sociali) e dare informazioni sulle esposizioni e sui potenziali fattori di confondimento (b) Indicare il numero di partecipanti con dati mancanti per ciascuna variabile di interesse (c) Studio di coorte - Riassumere la durata del follow-up (ad es., medio e totale)

Item 15	Studio di coorte - Riportare il numero degli eventi di esito o delle misure riassuntive nel tempo Studio caso-controllo - Riportare il numero di ciascuna categoria di esposizione o le misure riassuntive di esposizione Studio trasversale - Riportare il numero degli eventi di esito o le misure riassuntive
Item 16	(a) Fornire le stime non aggiustate e, se applicabile, le stime aggiustate per i fattori di confondimento e la loro precisione (ad es., intervallo di confidenza al 95%). Chiarire per quali fattori di confondimento è stato eseguito l'aggiustamento e perché sono stati inclusi (b) Riportare i limiti delle categorie quando vengono categorizzate le variabili continue (c) Se rilevante, considerare di tradurre le stime di rischio relativo in rischio assoluto per un periodo di tempo significativo
Item 17	Riportare le altre analisi eseguite – ad es., analisi di sottogruppi e interazioni e analisi di sensibilità
Item 18	Riassumere i risultati principali in relazione agli obiettivi dello studio
Item 19	Discutere i limiti dello studio, tenendo conto delle eventuali fonti di errori sistematici (bias) o imprecisioni. Discutere sia la direzione sia le dimensioni di tutti i potenziali errori sistematici (bias)
Item 20	Fornire una prudente interpretazione globale dei risultati, tenendo in considerazione gli obiettivi, i limiti, la molteplicità delle analisi, i risultati ottenuti in studi simili e altre evidenze rilevanti
Item 21	Discutere la generalizzabilità (validità esterna) dei risultati dello studio
Item 22	Indicare le fonti di finanziamento e il ruolo dei finanziatori nello studio attuale e, se applicabile, nello studio originale su cui si basa l'articolo attuale

2.8 Analisi Statistica e Meta-Analisi

La meta-analisi dei dati è stata realizzata grazie al software Prometa3 (realizzato da Internovi, 2015). Sono stati calcolati i vari “effect size” utilizzando le medie con rispettive deviazioni standard, ad eccezione di quando l'autore forniva una mediana con range interquartili. In quest'ultimo caso la mediana con IQR è stata convertita in media con SD, applicando la trasformazione secondo Hozo⁹³. Laddove erano riportate le medie ma non le deviazioni standard, queste sono state imputate attraverso i coefficienti di matching, che sono stati imputati a 0.75 seguendo le raccomandazioni della Cochrane. Nelle analisi è sempre stato tenuto conto della grandezza del campione (sample size) e dell'intervallo fiduciario o di confidenza (CI=95%). Per la meta-analisi è stato disposto il “Forest Plot”, in cui è stato calcolato l'effect size delle diverse misure di outcome, laddove la stessa misura fosse presente in più studi. L'effect size è stato generato poi per ognuno degli studi inclusi nella meta-analisi, e poi è stato definito l'overall, definendo il peso di ogni studio sull'effect size globale.

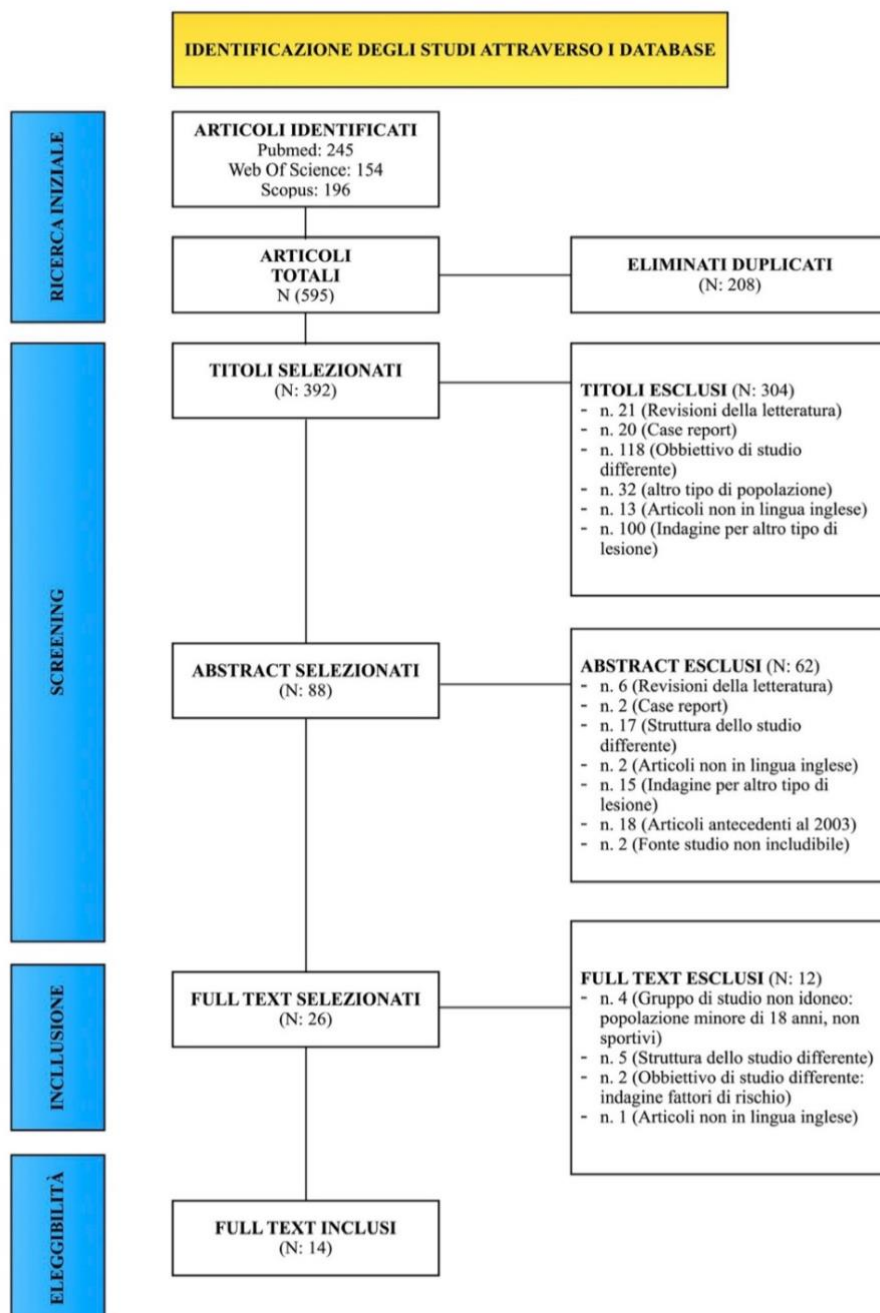
I risultati sono stati considerati statisticamente significativi con valore $p < 0.05$.

3. RISULTATI

3.1 Selezione degli studi

Nella ricerca iniziale sono stati individuati 245 articoli da Pubmed, 196 da Scopus e 154 da Web of Science, per un totale di 595 articoli. Eliminati 208 duplicati, sono stati inclusi 392 articoli. Dopo l'analisi di titolo e abstract, sono stati esclusi altri 366. Degli articoli rimasti, solamente 14 rispettavano i criteri di inclusione e sono stati analizzati nella revisione.

Figura n.4: Flowchart. Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)



3.2 Popolazione

Nella revisione sono stati inclusi 506 podisti, di cui 279 uomini (55.14%) e 227 donne (44.86%).

L'età media pesata in base ai gruppi di ogni studio è di 27.9 anni, mentre la media aritmetica risulta di 26.0 anni. Per un'analisi complessiva della popolazione, si veda la **Tabella n.2**.

Tabella n.2: dati relativi al campione

Autore (anno di pubblicazione)	N (m/f)	Età (SD)	Attività praticata	Gruppo	Altezza (cm)	Peso (Kg) - BMI	Durata dei sintomi
Johnston et al. (2006) [94]	13 (13m/0f)	22.2 (3.2)	Soldati in servizio	Intervento	171.6 (9.0)	72.2 (16.5) - 24,5	48.6 (27.3) giorni
				Controllo	172.6 (10.2)	77.1 (10.9) - 25.9	37.7 (29.9) giorni
Loudon et al. (2009) [95]	23 (12m/11f)	28.8 (6.3)	Podisti amatoriali	Intervento	N/a	N/a	262.1 (225.6) settimane
Moen et al. (2010) [96]	14 (14m/0f)	18.9 (1.16)	Soldati in servizio	Intervento	N/a	N/a - 24.5	32.9 (20.2) giorni
				Controllo	N/a	N/a - 23.1	35.1 (16.9) giorni
Rompe et al. (2010) [97]	94 (40m/54f)	42.1 (n/a)	Podisti amatoriali	Intervento	N/a	N/a	15.4 settimane
				Controllo	N/a	N/a	13.7 settimane
Moen et al. (2011) [98]	39 (22m/17f)	26.2 (7.1)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento	178.5 (10.3) - 23.2	74.2 (10.1)	629.2 (761.2) giorni
				Controllo	175.1 (6.5) - 22.2	68.5 (8.6)	189.3 (339.8) giorni
Moen et al. (2012) [99]	58 (18m/40f)	22.0 (4.15)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento 1	171.6 (5.1)	68.3 (7.7) - 22.9	174.0 (274.1) giorni
				Intervento 2	177.0 (9.9)	70.4 (11.2) - 22.3	213.7 (363.8) giorni
				Controllo	175.4 (4.9)	68.7 (8.1) - 22.2	178.0 (319.2) giorni
Newsham et al. (2012) [100]	13 (5m/8f)	19.1 (1.0)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento	N/a	N/a	39.14 (21.68) giorni
				Controllo	N/a	N/a	30.17 (16.57) giorni
Chang et al. (2014) [101]	76 (69m/7f)	22.5 (1.6)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento	173.2 (9.8)	76.5 (10.9) - 25.5	15.3 (4.6) settimane
				Controllo	172.1 (10.3)	78.3 (11.7) - 26.4	12.8 (8.8) settimane
				Sani	165.1 (12.8)	62.3 (13.5) - 22,8	N/a
Schulze et al. (2014) [102]	32 (30m/2f)	26 (4.1)	Soldati in servizio	Intervento	1.79 (0.1)	80.9 (10.4) - 25.3	N/a
Newman et al. (2016) [103]	24 (12m/12f)	35 (7.1)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento	1.71 (0.1)	74.7 (10.4) - 25.5	18 (11) mesi
				Controllo	1.78 (0.1)	77.7 (9.7) - 24,5	23 (9) mesi
Martinez et al. (2019) [104]	17 (11m/6f)	19.9 (1.32)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento	N/a	N/a	N/a

Naderi et al. (2021) [105]	50 (0m/50f)	26.3 (4.14)	Podisti amatoriali	Intervento	1.66 (0.1)	69.3 (7.9) - 25.1	6.8 (1.8) settimane
				Controllo	1.68 (0.1)	71.6 (8.2) - 25.5	7.9 (2.7) settimane
Padhiar et al. (2021) [106]	15 (13m/2f)	34 (10.7)	Podisti e/o atleti sportivi	Intervento	N/a	N/a - 25.9	52 (9.1) settimane
Peterson et al. (2022) [107]	38 (20m/18f)	22.1 (3.4)	Soldati in servizio	Intervento	1.70 (10.9)	67.2 (12.1) - 23.1	N/a
				Controllo	1.70 (10.9)	73.8 (13.8) - 25.3	N/a

3.3 Analisi della qualità

Per quanto riguarda la valutazione della qualità (**Tabella n. 3**), la media del punteggio delle 22 voci è di 16.8/22, con punteggi compresi tra 13/22 e 19/22. In termini percentuali, il valore medio della qualità corrisponde a 76.3%. Mediamente i punteggi hanno un valore medio-alto, pertanto il livello medio di qualità degli studi inclusi è buono.

Tabella n.3: analisi della qualità.

ITEM	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	TOTALE	
Johnston et al. (2006) [94]	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	17	
Loudon et al. (2009) [95]	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	18	
Moen et al. (2010) [96]	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	17	
Rompe et al. (2010) [97]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	17	
Moen et al. (2011) [98]	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	15	
Moen et al. (2012) [99]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	19	
Newsham et al. (2012) [100]	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	15	
Chang et al. (2014) [101]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	18	
Schulze et al. (2014) [102]	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	14	
Newman et al. (2016) [103]	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	16	
Martinez et al. (2019) [104]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18
Naderi et al. (2021) [105]	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	19
Padhiar et al. (2021) [106]	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	
Peterson et al. (2022) [107]	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	13	

3.4 Tipologia di intervento e follow-up

Gli studi che sono stati valutati hanno adottato differenti strategie di intervento. In alcuni studi è stato previsto l'utilizzo di terapie fisiche (onde d'urto, laser a bassa intensità, proloterapia), in altri è stato proposto un trattamento fisioterapico (tecniche di inibizione PNF, manipolazione fasciale), in alcuni è stato richiesto ai partecipanti di seguire una sequenza di esercizi e tecniche di allungamento (rinforzo muscolare, stretching statico, controllo motorio), mentre altri studi hanno previsto l'utilizzo di un'ortesi (plantari, indumenti compressivi oppure un gambaleto – “leg brace”).

Per 100 podisti (Johnston et al⁹⁴, Loudon et al⁹⁵, Moen et al⁹⁶, Naderi et al¹⁰⁵) è stato previsto l'utilizzo di un trattamento con ortesi. Nello studio di Johnston et al⁹⁴ i partecipanti sono stati suddivisi in un gruppo controllo, che ha seguito un progetto riabilitativo basato sulla terapia con ghiaccio e sulla modifica del programma di allenamento, e un gruppo di studio, che ha svolto il medesimo trattamento insieme all'utilizzo di un'ortesi (gambaleto, o “leg brace”).

Per quanto riguarda la ricerca di Loudon et al⁹⁵, i podisti hanno seguito un programma di stretching a carico della muscolatura posteriore della gamba, con il gruppo di studio che parallelamente ha utilizzato un'ortesi, in particolare una suola per il supporto dell'arco plantare. Il periodo di follow-up previsto era di 3 settimane.

Moen et al⁹⁶ ha previsto un percorso riabilitativo completo programma di corsa progressivo, esercizi di stretching e rinforzo della muscolatura della gamba, in cui il gruppo di studio ha usato parallelamente un'ortesi, nello specifico un gambaleto (“leg brace”) durante la corsa. In questo caso il follow-up si è esteso fino a quando i partecipanti non hanno concluso il programma di corsa, per una media di 58.8 (\pm 27.7) per il gruppo di controllo e 57.9 (\pm 26.2) per il gruppo di studio.

Nello studio di Naderi et al.¹⁰⁵ è stato proposto un trattamento basato su terapia con ghiaccio, stretching e rinforzo della muscolatura della gamba e utilizzo di onde d'urto. Oltre alle terapie, il gruppo di studio ha utilizzato anche una suola per il supporto dell'arco plantare. Il periodo di follow-up prevedeva un monitoraggio della sintomatologia a inizio trattamento e dopo 6, 12 e 18 settimane.

157 podisti (Rompe et al⁹⁷, Moen et al⁹⁸, Newman et al¹⁰³) hanno seguito un programma riabilitativo che indagava l'efficacia della terapia con onde d'urto.

Lo studio di Rompe et al⁹⁷ ha diviso i podisti in due gruppi: entrambi seguivano un programma di stretching e rinforzo mirato alla muscolatura della gamba. Oltre a questo, il gruppo di studio ha svolto delle sedute di terapia ad onde d'urto lungo il bordo mediale della tibia. Il follow-up dei partecipanti prevedeva un controllo ad inizio trattamento, successivamente a 1, 4 e 15 mesi dopo l'inizio del trattamento.

Per quanto riguarda lo studio di Moen et al⁹⁸, i partecipanti hanno seguito un programma di corsa ad intensità progressiva, con un gruppo di studio che parallelamente veniva sottoposto a sedute di terapia ad onde d'urto lungo il bordo mediale della tibia. Anche in questo caso il follow-up si è esteso fino a quando i partecipanti non hanno concluso il programma di corsa, con una media di 91.6 (± 43.0) per il gruppo di controllo e 59.7 (± 25.8) per il gruppo di studio.

Newman et al¹⁰³ ha invece diviso il campione in due gruppi, per poi sottoporre il gruppo di controllo ad un trattamento ad onde d'urto, mentre il gruppo di controllo non ha svolto alcun intervento specifico. Per questo studio, il periodo di follow-up è stato di 10 settimane.

Due studi (Moen et al⁹⁹, Peterson et al¹⁰⁷) hanno valutato l'efficacia del trattamento compressivo su un campione totale di 96 podisti.

Nello studio di Moen et al⁹⁹ i partecipanti sono stati divisi in 3 gruppi: il primo seguiva un programma di corsa ad intensità progressiva, il secondo eseguiva il programma di corsa unito ad esercizi di stretching e rinforzo dei muscoli della gamba, mentre il terzo gruppo, oltre al programma di corsa e agli esercizi, utilizzava calze sportive compressive nella gamba durante il cammino e la corsa. In questo caso il periodo di follow-up si estendeva fino al completamento del programma di corsa, con una media di 105.2 (± 54.6) per il primo gruppo, 117.6 (± 64.2) per il secondo gruppo e 102.1 (± 52.3) per il terzo.

Peterson et al¹⁰⁷ ha proposto un programma di corsa progressiva al gruppo di studio e a quello controllo, per un totale di 38 podisti. Oltre a seguire il programma di corsa, il gruppo di studio doveva

utilizzare delle calze compressive, sia durante la vita quotidiana che durante l'esercizio fisico. Per questo studio il periodo di follow-up previsto era di 8 settimane.

Per quanto riguarda lo studio di Newsham et al¹⁰⁰ il campione è stato diviso in 2 gruppi, in cui il gruppo di studio ha seguito un percorso riabilitativo che prevedeva esercizi di rinforzo mirati ai muscoli intrinseci di gamba e piede, unito al trattamento manuale della muscolatura. Il gruppo di controllo, invece, ha svolto un periodo di riposo. Il trattamento ha avuto una durata di circa 2 settimane, con controllo a 3 mesi dall'inizio delle terapie.

Lo studio di Chang et al¹⁰¹ ha suddiviso il campione in 3 gruppi, il primo di pazienti sani come gruppo di controllo, il secondo di pazienti sani che veniva sottoposto ad un trattamento di laserterapia con effetto placebo e un terzo gruppo, sottoposto ad una dose efficace di laserterapia. Il periodo di follow-up era di 5 giorni.

Nello studio di Schulze et al¹⁰² 32 podisti sono stati sottoposti ad un trattamento di terapia manuale, per una media di 4 (\pm 2.0) interventi in un periodo di 6.3 (\pm 4.3).

Martinez et al¹⁰⁴ ha proposto un trattamento basato sulla correzione degli squilibri posturali dei podisti presi in carico (n = 17), in maniera da ripristinare la funzionalità del sistema neuromuscolare. L'intervento riabilitativo ha avuto una durata media di 1.67 (\pm 0.86) settimane di trattamento.

Per i 15 podisti che hanno preso parte allo studio di Padhiar et al¹⁰⁶ è stato previsto un trattamento di proloterapia, con follow-up a 18 e 52 settimane dopo il trattamento.

3.5 Misure di Outcome

Negli studi presi in esame sono state utilizzate diverse Misure di Outcome.

Nella maggior parte degli studi, tra gli Outcome primari troviamo la valutazione dell'intensità del dolore, per la quale sono state usate le scale VAS^{101,102,106,107}, mentre in altri è stata usata la scala NRS^{95,97,100,103,104,105}.

Gli studi di Naderi et al.¹⁰⁵ e Pederson et al.¹⁰⁷ utilizzano la scala di valutazione mini-MTSS [90]. Si tratta di una scala a quattro voci che considera il dolore a riposo, il dolore durante l'esecuzione di ADL, le limitazioni nelle attività sportive e il dolore durante le attività sportive. Il punteggio MTSS misura specificamente il dolore sperimentato lungo la tibia e le limitazioni ad esso correlate.

Una scala utilizzata in 4 studi^{94,95,103,105} è la GRC (Global Rating of Change), utilizzata spesso nelle ricerche cliniche per quantificare il miglioramento o il peggioramento della condizione del paziente in esame. Per 2 studi i valori vanno da 0 a +10. Nello studio di Naderi et al.¹⁰⁵ il valore si presentava nell'intervallo -5 / +5 ed è stato adattato all'intervallo 0/+10. Nello studio di Newman et al.¹⁰³ i valori si presentano nell'intervallo -7 / +7, anche in questo caso i risultati sono stati adattati all'intervallo 0/+10.

Per 5 studi^{94,96,98,99,102} uno degli outcome è la durata, espressa in giorni, del trattamento riabilitativo. Sono presenti altre misure di outcome, utilizzate singolarmente negli studi.

Moen et al.⁹⁶ si avvale della scala SARS (Sports Activity Rating Scale), in cui la capacità funzionali dei pazienti viene espressa con un valore da 0 a 100, dove 0 corrisponde alla presenza di disturbi gravi nelle ADL e 100 all'assenza di limitazioni durante l'attività sportiva.

Martinez et al.¹⁰⁴ utilizza invece la scala DPA (Disablement in the Physically Active), per misurare la disabilità percepita dal paziente. Si compone di 16 item che misurano l'impatto della patologia sulle limitazioni funzionali, la disabilità e la qualità della vita.

Infine, Naderi et al.¹⁰⁵ ha somministrato la scala SF-36 (Short Form Health Survey) come scala per misurare numericamente la qualità della vita.

Tabella n.4: risultati degli studi in analisi

Autore (Anno di pubblicazione)	N (m/f)	Tipo di intervento	Misure di Outcome
Johnston et al. (2006) [94]	13 (13m / 0f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: crioterapia, stretching e rinforzo Intervento: analogo al gruppo di controllo + uso di ortesi 	Giorni di trattamento GRC scale
Loudon et al. (2009) [95]	23 (12m / 11f)	<ul style="list-style-type: none"> Gruppo di studio: stretching e utilizzo di ortesi 	Scala del dolore (NRS) GRC scale
Moen et al. (2010) [96]	14 (14m / 0f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: stretching, rinforzo e controllo motorio Intervento: analogo a gruppo di controllo + uso di ortesi 	Giorni di trattamento SARS scale
Rompe et al. (2010) [97]	94 (40m / 54f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: stretching e rinforzo Intervento: analogo al gruppo di controllo + terapia con onde d'urto 	Scala del dolore (VAS)
Moen et al. (2011) [98]	39 (22m / 17f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: programma di corsa Intervento: programma di corsa + terapia con onde d'urto 	Giorni di trattamento
Moen et al. (2012) [99]	58 (18m / 40f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: programma di corsa Intervento 1: programma di corsa + stretching e rinforzo Intervento 2: programma di corsa + terapia compressiva 	Giorni di trattamento
Newsham et al. (2012) [100]	13 (5m / 8f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: Nessun intervento Intervento: rinforzo, tecniche PNF 	Scala del dolore (VAS)
Chang et al. (2014) [101]	76 (69m / 7f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: Nessun intervento Intervento 1: laser (placebo) Intervento 2: laser a bassa energia 	Scala del dolore (VAS)
Schulze et al. (2014) [102]	32 (30m / 2f)	<ul style="list-style-type: none"> Gruppo di studio: trattamento miofasciale 	Giorni di trattamento Scala del dolore (VAS)
Newman et al. (2016) [103]	24 (12m / 12f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: onde d'urto (placebo) Intervento: onde d'urto 	Scala del dolore (NRS) GRC scale
Martinez et al. (2019) [104]	17 (11m / 6f)	<ul style="list-style-type: none"> Gruppo di studio: trattamento posturale 	Scala del dolore (NRS) DPA scale

Naderi et al. (2021) [105]	50 (0m / 50f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: crioterapia, stretching e rinforzo, onde d'urto e ortesi (placebo) Intervento: crioterapia, stretching e rinforzo, onde d'urto e ortesi 	Scala del dolore (VAS) SF-36 scale GRC scale Mini-MTSS
Padhiar et al. (2021) [106]	15 (13m / 2f)	<ul style="list-style-type: none"> Gruppo di studio: proloterapia 	Scala del dolore (VAS)
Pederson et al. (2022) [107]	38 (20m / 18f)	<ul style="list-style-type: none"> Controllo: riposo, programma di corsa Intervento: riposo, programma di corsa e terapia compressiva 	Scala del dolore (VAS) mini-MTSS

3.6 Analisi Statistica e Meta-analisi

Per tutti e 14 gli studi inclusi nella revisione è stata eseguita la meta-analisi dei risultati.

In linea generale, le diverse tipologie di trattamento riportate negli studi hanno dimostrato un effetto positivo sulla patologia, con un Effect Size (ES) complessivo di 1.06 punti, e statisticamente significativo. Il valore di ES rappresenta la risultante statistica relativa alla forza esistente tra le variabili prese in considerazione, nel caso dello studio è quindi relativo alla relazione tra i diversi outcome presenti nello studio e la condizione di salute precedente al trattamento. Un valore positivo rappresenta una maggiore efficacia del trattamento proposto in relazione al gruppo di controllo e quindi è possibile affermare che, in linea generale, gli studi presi in considerazione abbiano proposto strategie di trattamento generalmente efficaci per la gestione di MTSS. Presi singolarmente, i valori di ES, per ognuno degli outcome considerati, mostrano valori compresi tra -0.32 punti $p=0.998$ (Jhonston et al.⁹⁴ per quanto riguarda l'outcome GRC) fino ad un massimo di 2.53 $p=0.000$ (Schulze et al.¹⁰²). L'unica eccezione è data dallo studio di Padhiar et al.¹⁰⁶, il cui valore di ES pari a 6.55 ($p=0.000$) si discosta in maniera importante dal valore medio.

Per una visione complessiva dei risultati si vedano le tabelle riportate in seguito:

- **Tabella n. 5** visione complessiva dell'ES in relazione agli outcome;
- **Tabella n. 6** riporta i dati relativi alla meta-analisi tra ES e l'outcome "durata del trattamento";
- **Tabella n. 7** riporta i dati relativi alla meta-analisi tra ES e l'outcome "dolore";
- **Tabella n. 8-9-10-11** riportano, rispettivamente, i dati relativi alla meta-analisi tra ES e gli outcome dati dalle scale di valutazione GRC, TSS, SARS e DPA.

Tabella 5 – Meta-analisi: Effect Size complessivi degli studi e ES globale (Overall)

Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Johnston et al (2006) [94]	Ortesi	0.00	-1.02-1.03	0.998
Loudon et al (2009) [95]	Ortesi e Stretching	1.21	0.83-1.59	0.000
Rompe et al (2010) [96]	Onde d'urto	1.13	0.70-1.57	0.000
Moen et al (2010) [97]	Ortesi	0.02	-0.97-1.01	0.963
Moen et al (2011) [98]	Onde d'urto	0.91	0.25-1.56	0.007
Moen et al (2012) [99] a	Stretching e Rinforzo	0.20	-0.83-0.43	0.537
Moen et al (2012) [99] b	Terapia compressiva	-0.06	-0.57-0.69	0.852
Newsham et al (2012) [100]	Tecniche PNF	2.17	0.80-3.54	0.002
Chang et al (2014) [101]	Laser	1.39	1.03-1.75	0.000
Schulze et al (2014) [102]	Terapia manuale fasciale	2.53	2.03-3.03	0.000
Newman et al (2016) [103]	Onde d'urto	-0.02	-0.76-0.71	0.950
Martinez et al (2019) [104]	Training posturale	1.74	1.24-2.23	0.000
Naderi et al (2021) [105]	Ortesi	0.28	-0.23-0.78	0.280
Padhiar et al (2022) [106]	Proloterapia	6.55	4.86-8.25	0.000
Peterson et al (2022) [107]	Terapia compressiva	0.30	-0.30-0.90	0.324
OVERALL		1.06	0.57-1.55	0.000

Tabella 6 – Meta-analisi ed ES: durata del trattamento in giorni

Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Johnston et al (2006) [94]	Ortesi	0.32	-1.02-1.03	0.998
Moen et al (2010) [96]	Ortesi	0.03	-0.97-1.01	0.963
Moen et al (2011) [98]	Onde d'urto	0.91	0.25-1.56	0.007
Moen et al (2012) [99] a	Stretching e Rinforzo	0.20	-0.83-0.43	0.537
Moen et al (2012) [99] b	Terapia compressiva	-0.06	-0.57-0.69	0.852

Tabella 7 – Meta-analisi ed ES: Dolore e scala VAS

Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Loudon et al (2009) [95]	Ortesi e Stretching	1.21	0.83-1.59	0.000
Rompe et al (2010) [97]	Onde d'urto	1.13	0.70-1.57	0.000
Newsham et al (2012) [100]	Tecniche PNF	2.17	0.80-3.54	0.002
Chang et al (2014) [101]	Laser	1.39	1.03-1.75	0.000
Schulze et al (2014) [102]	Terapia manuale fasciale	2.53	2.03-3.03	0.000
Newman et al (2016) [103] a*	Onde d'urto	0.00	-0.76-0.71	0.950
Newman et al (2016) [103] b*	Onde d'urto	0.23	-0.76-0.71	0.950
Martinez et al (2019) [104]	Training posturale	1.90	1.24-2.23	0.000
Naderi et al (2021) [105]	Ortesi	0.35	-0.23-0.78	0.280
Padhiar et al (2022) [106]	Proloterapia	6.55	4.86-8.25	0.000
Peterson et al (2022) [107]	Terapia compressiva	0.49	-0.30-0.90	0.324

*a=dolore VAS durante la corsa *b=dolore VAS alla palpazione

Tabella 8 – Meta-analisi ed ES: GRC

Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Johnston et al (2006) [94]	Ortesi	-0.32	-1.02-1.03	0.998
Newman et al (2016) [103]	Onde d'urto	-0.30	0.80-3.54	0.002
Naderi et al (2021) [105]	Ortesi	0.30	-0.23-0.78	0.280

Tabella 9 – Meta-analisi ed ES: TSS

Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Naderi et al (2021) [105]	Ortesi	0.30	-0.23-0.78	0.280
Peterson et al (2022) [107]	Terapia compressiva	0.12	-0.30-0.90	0.324

Tabella 10 – Meta-analisi ed ES: SARS

Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Moen et al (2010) [96]	Ortesi	0.08	-0.97-1.01	0.963

Tabella 11 – Meta-analisi ed ES: DPA

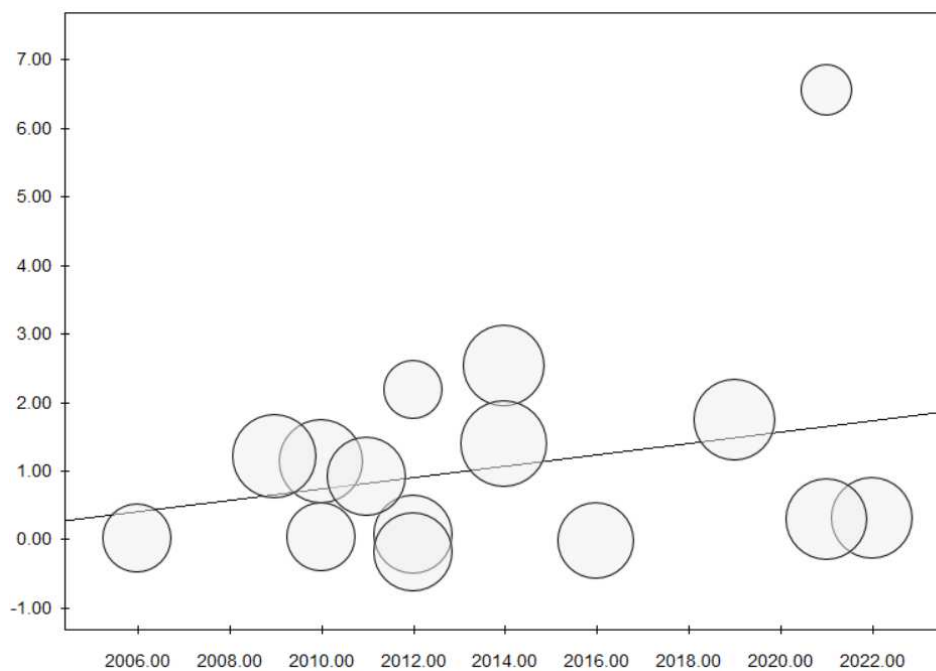
Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Martinez et al (2019) [104]	Training posturale	1.90	1.24-2.23	0.000

Tabella 12 – Meta-analisi ed ES: SF-36

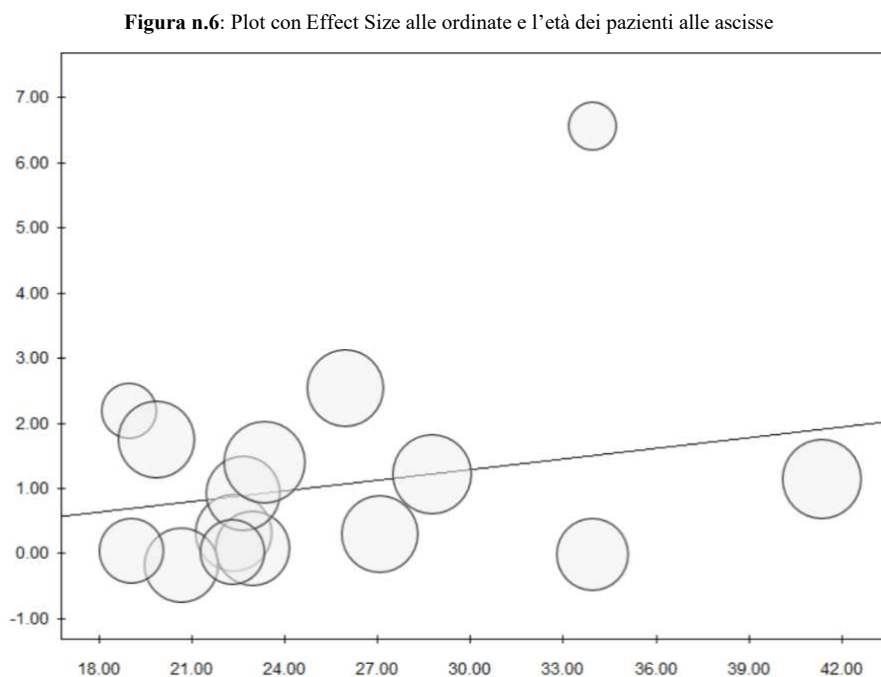
Autore (anno di pubblicazione)	Intervento	Effect size o ES	95% CI	p-value
Naderi et al (2019) [105]	Ortesi	0.11	-0.23-0.78	0.280

Un dato degno di nota è rappresentato dall'analisi della correlazione tra ES e anno di pubblicazione degli articoli. Come si può osservare dalla **Figura n. 5**, i risultati degli ES sono distribuiti in maniera omogenea, a dimostrazione che i risultati dei singoli studi non sono influenzati dall'anno di pubblicazione.

Figura n.5: Plot con Effect Size alle ordinate e l'anno di pubblicazione alle ascisse



In maniera analoga, la **Figura n. 6** permette di osservare la correlazione tra l'età del campione dei singoli studi in relazione all'ES ottenuto.



4. DISCUSSIONE

Questa revisione mira a valutare l'efficacia del trattamento conservativo della MTSS nei podisti. Questa condizione muscolo-scheletrica è molto comune tra tutti i corridori, sia amatoriali che professionisti. Risulta fondamentale inquadrare quali possono essere le strategie di intervento e la loro efficacia nel ridurre la sintomatologia. Questa review è anche la prima che mette a confronto e meta-analizza in maniera selettiva tutte le diverse tipologie di intervento conservativo, considerando come popolazione quella dei podisti, al cui interno vengono inseriti i militari, senza però includere altre tipologie di sport, così da evitare un bias di popolazione. Nella meta-analisi la totalità di interventi si è dimostrata efficace nel trattamento di questa patologia, con un effect size pari a 1.06, e con un punteggio medio della qualità degli studi di 16.8/22, dando ancora più solidità ai risultati statistici.

Di seguito vengono discussi gli interventi terapeutici analizzati, confrontandoli con quelli presenti in letteratura.

Riposo, ghiaccio - La maggior parte della letteratura sostiene che il riposo, associato all'applicazione di ghiaccio, sia uno dei fattori più importanti per il trattamento della MTSS nella fase acuta^{108,109}. Questo approccio riprende il protocollo RICE per l'intervento negli infortuni muscolo-scheletrici. Anche negli studi in analisi vengono sfruttate queste tecniche. Johnston et al.⁹⁴ e Rompe et al.⁹⁷ utilizzano il riposo e il ghiaccio, Naderi et al.¹⁰⁵ il solo ghiaccio mentre Peterson et al.¹⁰⁷ il solo riposo. Osservando i risultati della meta-analisi, tutti gli studi appena citati hanno riportato un ES positivo, fatta eccezione per lo studio di Johnston et al.⁹⁴ in cui il valore di ES risulta pari a 0.00. In contrapposizione a questo tipo di approccio, lo studio di Moen et al.⁹⁹ conclude che il solo riposo, superata la fase acuta, sembra non essere sufficiente al completamento della guarigione. In particolare, viene affermato che numerosi fisioterapisti e medici sportivi sono convinti che il riposo non possa offrire un reale beneficio agli atleti. Tuttavia, lo studio in questione presenta dei valori di ES prossimi allo zero, dimostrando che quanto affermato non ha un riscontro statistico a sostegno. A tal proposito è interessante analizzare lo studio di Newsham et al.¹⁰⁰, in cui vengono messi a confronto il gruppo di studio, che segue un protocollo di rinforzo e di ripristino delle sinergie muscolari, con il gruppo di controllo, che invece si limita al riposo. I risultati della meta-analisi (ES: 2.17 con $p=0.002$) sembrano sostenere la teoria secondo cui il solo riposo ha un effetto peggiore relativamente al recupero da MTSS. Un dato simile si può anche osservare nello studio di Smith et al.¹¹⁰, condotto nel 1986 e non includibile nella presente review, che mette a confronto alcune terapie fisiche (ionoforesi, ultrasuoni, fonoforesi, ghiaccio) con un gruppo controllo a completo riposo. I soggetti nei gruppi di studio presentavano una riduzione del dolore significativamente maggiore rispetto al gruppo controllo.

Programma di corsa e grado di allenamento – come riportato nel capitolo 2.8 e negli articoli presenti in bibliografia, uno dei fattori di rischio primari per l'insorgenza di MTSS è un programma di allenamento non equilibrato in termini di volume, intensità, frequenza, ecc...^{61,108,111}. Tale affermazione viene supportata dallo studio di Fredericson et al.¹¹², in cui viene dimostrato come un

programma di allenamento non adeguato sia la causa di MTSS nel 60% dei partecipanti coinvolti. Parallelamente, il percorso fisioterapico dovrebbe affiancarsi a quello di analisi e modifiche delle alterazioni biomeccaniche relative alla tecnica di corsa^{76,113,114}. Nello specifico, le alterazioni più comuni riguardano il ginocchio (valgismo e varismo), il grado di rotazione tibiale, anomalie a carico del piede (alterazione delle arcate plantari). Sulla base di queste indicazioni, alcuni degli studi presi in analisi (Johnston et al.⁹⁴, Moen et al.⁹⁶, Moen et al.⁹⁸, Moen et al.⁹⁹, Peterson et al.¹⁰⁷) hanno previsto la somministrazione di un programma di corsa ad intensità e volume progressivo per favorire il recupero da MTSS. Stando ai risultati della meta-analisi, gli effetti migliori in termini di ES sono stati ottenuti da Moen et al.⁹⁸ con un ES di 0.91 (p=0.007) e Peterson et al.¹⁰⁷ con un ES di 0.30 (p=0.324). Per gli altri studi in analisi i risultati dell'ES risultano complessivamente bassi o prossimi allo zero indicando che il programma di corsa non abbia condotto ad un miglioramento significativo per la patologia.

Debolezza, rigidità e squilibrio muscolare – Tra i principali fattori di rischio per l'insorgenza di MTSS, ci sono le alterazioni a carico della muscolatura della gamba. Una debolezza della muscolatura della loggia posteriore, in particolare del tricipite surale, conduce all'insorgenza di fatica muscolare, la quale può causare alterazioni biomeccaniche della corsa e parallelamente delle forze che agiscono sulla tibia¹¹⁵. La letteratura sottolinea che un regime giornaliero di stretching ed esercizi di rinforzo del gastrocnemio permette di prevenire l'affaticamento muscolare [^{61,116}]. Per questo motivo, buona parte degli studi presi in esame (Johnston et al.⁹⁴, Moen et al.⁹⁶, Rompe et al.⁹⁷, Moen et al.⁹⁹, Naderi et al.¹⁰⁵.) introduce nel trattamento un lavoro di rinforzo attivo della muscolatura della gamba. Tuttavia, è importante tenere in considerazione che gli esercizi di rinforzo non dovrebbero essere svolti nella fase acuta della patologia, in quanto possono esacerbare il danno ai tessuti a causa dell'aumento dello stress a carico delle strutture tibiali, limitando le capacità di adattamento dei tessuti. Potrebbe essere quindi utile programmare una seduta settimanale che preveda un lavoro alternativo alla corsa, come per esempio il nuoto, in maniera da conservare gli adattamenti in aerobico

ma limitando ulteriore stress ai tessuti. Allo stesso tempo, è importante tenere presente che gli adattamenti di forza devono essere accompagnati da opportuni esercizi di allungamento. Si tratta di un elemento applicato da diversi studi presi in esame (Johnston et al.⁹⁴, Loudon et al.⁹⁵, Moen et al.⁹⁶, Rompe et al.⁹⁷, Moen et al.⁹⁹, Naderi et al.¹⁰⁵), che prevedono un programma di stretching a carico della muscolatura posteriore della gamba.

Tra gli studi appena citati, i risultati migliori, in termini di ES, sono stati quelli ottenuti da Loudon et al.⁹⁵, con un punteggio di 1.21 ($p=0.000$), che propone un trattamento basato sullo stretching e l'utilizzo di ortesi. Anche lo studio di Rompe et al.⁹⁷ ottiene risultati molto positivi (ES: 1.13, $p=0.000$), utilizzando un trattamento che combina lo stretching al rinforzo e alla terapia con onde d'urto.

Un approccio simile è quello sviluppato da Schulze et al.¹⁰², che sfrutta tecniche di manipolazione miofasciale per modificare lo stato di tensione della fascia e della muscolatura ad essa correlata.

Un altro elemento che riveste un ruolo chiave nella patogenesi di MTSS è lo squilibrio muscolare, in particolare tra la muscolatura della loggia anteriore della gamba e quella posteriore, oppure tra i muscoli pronatori e supinatori di caviglia. Sulla base di questo dato, lo studio di Newsham et al.¹⁰⁰ propone un lavoro selettivo a carico della muscolatura di gamba e piede, in maniera da ripristinare i corretti rapporti di forza. Questo approccio è in linea con la review di Mattock et al.¹¹⁷, la quale conclude come una ridotta resistenza allo sforzo dei muscoli flessori plantari di caviglia¹¹⁸, un errato rapporto di forza tra i muscoli, ovvero quando i muscoli eversori sono più forti rispetto agli antagonisti¹¹⁹, o un'alterata strategia di reclutamento siano fattori associati allo sviluppo di MTSS.

Oltre al sostegno della letteratura, anche a livello statistico Schulze et al.¹⁰² e Newsham et al.¹⁰⁰ presentano un punteggio di ES molto elevato, rispettivamente 2.53 ($p=0.000$) e 2.17 ($p=0.002$), che sostiene l'efficacia di questo intervento terapeutico per il trattamento conservativo di MTSS.

Terapia manuale – Sulla base di quanto affermato nel paragrafo precedente, la terapia manuale può essere utilizzata per lavorare sulle anomalie muscoloscheletriche della colonna vertebrale e dell'arto

inferiore, con l'obiettivo di ridurre il dolore e migliorare la funzionalità della muscolatura e delle catene cinetiche^{116,120}. Nella presente review sono presenti 3 studi che utilizzano tecniche di terapia manuale per il trattamento della patologia: Newsham et al.¹⁰⁰, Schulze et al.¹⁰² e Martinez et al.¹⁰⁴. Tuttavia, la letteratura è carente di ulteriori studi che indaghino il ruolo della terapia manuale nel trattamento della MTSS.

Nello studio di Newsham et al.¹⁰⁰ l'approccio si basa su tecniche di inibizione e facilitazione neuromuscolare, rilascio di trigger point e controllo motorio, rivolto in particolare alla muscolatura del piede. La seduta terapeutica prevede allo stesso tempo anche esercizi di stretching e applicazione di ghiaccio dopo l'intervento. I risultati evidenziano un miglioramento della sintomatologia dolorosa nel confronto tra il gruppo di studio e un gruppo di controllo, che non ha svolto il trattamento.

Risultati simili sono stati osservati nello studio di Schulze et al.¹⁰². In questo caso è stato utilizzato un approccio terapeutico basato sulla manipolazione fasciale, strutture che svolgono un ruolo fondamentale nel movimento¹²¹. I risultati di questo studio mostrano che il metodo di trattamento secondo il modello di distorsione fasciale può essere un'opzione per il trattamento di pazienti con MTSS, con una riduzione totale o parziale dei sintomi in un breve periodo, con una durata media del trattamento pari a 6.3 ± 4.3 giorni. Per quanto riguarda l'indagine statistica, i risultati sono molto positivi, come riportato nel paragrafo precedente.

A differenza dei due studi appena citati, Martinez et al.¹⁰⁴ utilizza un approccio differente al problema, basato sulla visione globale della patologia. L'intervento inizia con una valutazione globale, per rilevare compensi o disfunzioni del sistema nervoso che si manifestano come alterazioni posturali. Il trattamento è basato su movimenti attivi e passivi da parte del paziente e la stimolazione tattile da parte del terapeuta dei distretti innervati dalla radice nervosa che è stata identificata come disfunzionale nella valutazione. I risultati hanno evidenziato miglioramenti clinicamente e statisticamente significativi nel dolore e nella disabilità, con cambiamenti nei punteggi della scala NPRS e DPA dopo circa due settimane di trattamento. Anche in questo caso la meta-analisi ha riportato un punteggio positivo ($ES=1.74$, $p=0.000$), che consolida maggiormente i risultati ottenuti

dalla terapia manuale. Tuttavia, la letteratura in merito al trattamento manuale della MTSS è ancora molto limitata, senza review sistematiche o studi che mettano in evidenza la superiorità di un approccio terapeutico rispetto ad altri.

Ortesi – L'utilizzo di ortesi è una strategia di intervento largamente citata in letteratura.

I soggetti con alterazioni biomeccaniche a carico del piede, come un piede piatto, cavo o pronato, possono beneficiare dell'ortesi^{109,120}. L'utilizzo di solette può compensare l'incapacità di un muscolo debole di assorbire lo shock dell'impatto a terra e dissipare le forze di reazione al suolo^{116,122}. Nei casi più gravi, può essere consigliato l'utilizzo di un tutore o gambaletto ("leg brace"), che si presenta come un guscio anatomico semi rigido. Negli studi presi in analisi, Loudon et al.⁹⁵ e Naderi et al.¹⁰⁵ hanno investigato l'efficacia delle ortesi (solette) nel trattamento conservativo di MTSS. Loudon et al.⁹⁵ propone al gruppo di studio un programma basato sullo stretching della muscolatura posteriore della gamba combinato all'uso di una soletta per un totale di 3 settimane. Sebbene la maggior parte dei podisti presi in esame abbia riportato un miglioramento della sintomatologia, non è stato previsto un gruppo di controllo. Viceversa, Naderi et al.¹⁰⁵ suddivide il campione in due gruppi. Il gruppo di studio segue un protocollo che prevede l'utilizzo di una soletta, combinato all'utilizzo di ghiaccio, esercizi di rinforzo e trattamento con onde d'urto, mentre il gruppo di controllo non utilizza la soletta. Dai follow-up si osserva come il gruppo di studio abbia riportato una maggiore riduzione del dolore. L'analisi statistica evidenzia che questi studi presentano un ES positivo per gli interventi, con un punteggio di 1.21 (p=0.000) per Loudon et al.⁹⁵ e di 0.28 (p=0.280) per Naderi et al.¹⁰⁵. Questi risultati si trovano in accordo con la review di Rome et al.¹²³, nella quale sono stati analizzati 4 studi che esaminano l'uso di solette ammortizzanti e che mostrano una riduzione dell'incidenza di MTSS nella popolazione studiata. Tuttavia, nel caso di Naderi et al.¹⁰⁵, è importante tenere in considerazione che lo studio combina diverse tecniche di trattamento (crioterapia, stretching, rinforzo, onde d'urto e ortesi).

Johnston et al.⁹⁴ e Moen et al.⁹⁶ hanno studiato l'efficacia di un gambaletto per il trattamento di MTSS. I risultati di questi studi e dell'analisi statistica (vedi **Tabella 5**) evidenziano che non è presente una differenza significativa nel miglioramento della sintomatologia, sottolineando piuttosto come questo tipo di ortesi sia spesso mal tollerata. Pertanto, l'indicazione all'utilizzo di questa tipologia di ortesi rimane limitata a casi severi di MTSS o fratture tibiali da stress.

Gli studi di Moen et al.⁹⁹ e Peterson et al.¹⁰⁷ hanno invece indagato l'efficacia del trattamento utilizzando indumenti compressivi. Nel primo articolo, il gruppo di studio "B" utilizza la terapia compressiva tutto il giorno, dando indicazione a rimuoverla solo per periodi di riposo superiori a 15 minuti, e viene affiancata da un programma di corsa. In maniera simile, il secondo studio richiede di utilizzare l'ortesi per 14 giorni in maniera continuativa, mentre nelle successive 4 settimane solamente durante lo svolgimento del programma di allenamento. Entrambi gli studi non osservano una differenza significativa per quanto riguarda il dolore o la capacità di completare il programma di corsa, sebbene Peterson et al.¹⁰⁷ riscontri un miglioramento nella capacità di correre senza dolore. In questi articoli, i risultati della meta-analisi (Moen et al.⁹⁹ gruppo B con ES pari a 0.06, p=0.852 e Peterson et al.¹⁰⁷ con ES di 0.30 p=0.324) sono migliori rispetto agli studi che utilizzano il leg brace ma peggiori rispetto a quelli che utilizzano la soletta, rispecchiando i risultati riportati.

Terapie fisiche – il trattamento basato sulle terapie fisiche comprende diverse tipologie di intervento. Nel caso specifico della MTSS, gli studi presenti in letteratura utilizzano onde d'urto, laser e proloterapia. La terapia con onde d'urto extracorporee ("ESWT") viene utilizzata per il trattamento di diverse patologie muscolo-scheletriche, come tendinopatie e fasciopatía plantare. In questa review sono stati presi in considerazione 3 studi che utilizzavano questo tipo di terapia: Rompe et al.⁹⁷, Moen et al.⁹⁸, Newman et al.¹⁰³.

Lo studio di Rompe et al.⁹⁷ mette a confronto due gruppi: entrambi svolgono un programma di stretching e rinforzo, ma soltanto il gruppo di studio viene sottoposto a ESWT con intensità costante (3 sedute totali). I risultati dimostrano che il gruppo di studio riferisce un miglioramento della

sintomatologia dolorosa, anche ai follow-up svolti a 15 mesi dalla terapia. Un risultato simile è stato ottenuto nello studio di Moen et al.⁹⁸. In questo caso i partecipanti vengono suddivisi in due gruppi che svolgono un programma di corsa, ma solamente il gruppo di studio viene sottoposto a ESWT ad energia progressivamente più intensa tra una seduta e l'altra (5 sedute totali). Anche in questo caso i risultati sono favorevoli, con una riduzione significativa del tempo di recupero: 59.7 ± 25.8 giorni contro 91.6 ± 43.0 del gruppo di controllo.

Nel terzo studio, condotto da Newman et al.¹⁰³, viene confrontata l'efficacia del solo trattamento con ESTW in due gruppi, senza ottenere differenze significative in termini di dolore tra il gruppo di studio e quello di controllo, che ha ricevuto una dose placebo di onde d'urto.

Mentre negli studi di Rompe et al.⁹⁷ (ES: 1.13, $p=0.000$) e Moen et al.⁹⁸ (ES: 0.91, $p=0.007$) la meta-analisi fornisce risultati favorevoli, lo studio di Newman et al.¹⁰³ non ha dato risultati altrettanto positivi (ES: -0.02, $p=0.950$). Ad ogni modo, in linea generale, questi risultati essere in accordo con la revisione di Winters et al.¹²⁴, la quale conclude che la terapia con onde d'urto sembra essere la più indicata nel trattamento conservativo di MTSS.

Un'altra strategia di intervento è quella che prevede l'utilizzo di Laser a bassa energia, utilizzato nello studio di Chang et al.¹⁰¹, che compara il gruppo di studio con due gruppi di controllo, in cui il primo non effettua nessun tipo di trattamento, mentre il secondo riceve una dose placebo di Laser-terapia. Dopo 5 giorni di terapia (3 sessioni di Laser al giorno, per un totale di 15 sedute per ogni paziente) si è osservato un miglioramento in termini di dolore percepito. In questo caso i risultati provenienti dall'analisi statistica sono positivi, con un ES pari a 1.39, statisticamente significativo, con $p=0.000$. I risultati si trovano in contrasto con lo studio di Nissen et al.¹²⁵ in cui vengono inclusi 49 pazienti, 23 nel gruppo di studio e 26 nel gruppo di controllo e sottoposti a terapia con Laser a bassa energia. Questa ricerca non ha trovato differenze significative tra i gruppi per quanto riguarda il punteggio del dolore.

L'ultimo studio di questa review valuta l'efficacia della terapia infiltrativa proliferativa, o Proloterapia, basata sull'iniezione di una soluzione contenente per il 15% destrosio, condotto da

Padhiar et al.¹⁰⁶. Questa terapia si basa sul concetto secondo cui l'iniezione di proliferanti, come una soluzione di glucosio ipertonico, nel tessuto connettivo danneggiato ne favorisca la guarigione. I pazienti hanno riportato una riduzione significativa del dolore nei follow-up svolti a medio (18 settimane) e lungo termine (52 settimane). Questo studio ha riportato il punteggio ES più elevato, con un valore di 6.55 punti, statisticamente significativo ($p=0.000$). Tuttavia, si tratta di un valore che si discosta molto dagli altri risultati della meta-analisi. Pertanto è importante tenere in considerazione che il campione di studio è limitato a 15 pazienti e che il periodo di follow-up è assai più lungo rispetto agli altri studi. Nella valutazione della qualità dello studio in questione sono stati assegnati 19 punti su 22.

4.1 Limiti e punti di forza dello studio

Analizzando i limiti dello studio, possiamo identificare un limite della letteratura e un limite metodologico presente negli studi. Per quanto riguarda la letteratura, è importante sottolineare la necessità di dover includere studi con popolazioni eterogenee tra loro, quali podisti e militari, a causa della scarsità di letteratura in materia. che non ha permesso di estrapolare i risultati per una popolazione di soli podisti. Da un punto di vista metodologico, invece, gli studi presi in analisi presentano generalmente un campione medio-piccolo, oppure la presenza di elementi di valutazione soggettivi utilizzati per determinare la progressione del trattamento (es. dolore percepito e fasi del programma di corsa, Moen et al.⁹⁶). Tra i punti di forza dello studio troviamo sicuramente quello di avere individuato articoli che presentano un livello di qualità medio alto, com'è possibile osservare nel paragrafo 3.3, con punteggio medio 16.8/22 delle linee guida STROBE. Un altro elemento positivo è quello di aver diviso l'analisi statistica per i singoli outcome riportati negli studi inclusi nella review, che permette di mettere a confronto dati e scale di valutazione di studi diversi. Infine, è stato importante condurre una meta-analisi dei risultati che ha permesso di mettere in relazione tra loro i diversi outcome presenti negli studi, riducendo inoltre l'impatto delle incertezze metodologiche presenti nei singoli studi e fornendo una stima più accurata dell'effetto dei diversi trattamenti.

5. Conclusioni

Con la presente revisione sistematica è possibile concludere che nel trattamento conservativo della Medial Tibial Stress Syndrome nei podisti, vi sia una buona efficacia negli interventi proposti in letteratura per la riduzione della sintomatologia percepita; in particolare, si evidenzia una maggior efficacia riscontrata negli interventi di terapia manuale, nel trattamento effettuato con terapie fisiche, come l'utilizzo di Laser a bassa energia ed Onde d'urto, e nella proloterapia nella fascia crurale, lungo il margine mediale della tibia.

Tuttavia, risulta opportuno inserire l'intero trattamento della MTSS in un contesto di valutazione biomeccanica e psico-sociale globale personalizzato, che valuti le evidenze fornite e il contesto clinico del paziente trattato. Inoltre, saranno necessari nuovi studi sperimentali che indaghino l'efficacia dei trattamenti descritti su campioni di popolazione più ampi e omogenei, per ottenere dati più solidi e consistenti. Infine, sarà altrettanto necessario utilizzare scale di valutazione standardizzate, come la miniTSS, utilizzata solamente negli studi più recenti, affinché le misurazioni siano più omogenee possibile.

BIBLIOGRAFIA

1. Anatomia Umana / F.H. Martini, M.J. Timmons, R.B. Tallitsch ; [a cura di] L. Cocco, E. Gaudio, L. Manzoli, G. Zummo, M.L. Arcari, P. Bandiera, V. Benagiano, G. Cavaletti, M.G. Cusella De Angelis, V.M. D'Agata, R. De Caro, A. De Luca, C. Dolci, N. Gagliano, G. Gobbi, M. Marchisio, P. Micheletti, F. Michetti, M. Papa, F. Renò, R. Rezzani, L. Rodella, C. Rumio, M.C. Turci, S. Zecchi. - [s.l.] : EdiSES, 2016. - ISBN 9788879599115
2. Anatomia del Gray : Le basi Anatomiche per la pratica clinica / [a cura di] T. Barni, A.M. Billi, R. Businaro, M. Cannas, F. Cappello, M. Castellucci, L. Cocco, V. D'Agata, R. De Caro, A. De Luca, S. Dolci, R. Geremia, G. Guerra, M. Giuliano, C. Loreto, V. Macchi, L. Manzoli, A. Mezzogiorno, A. Montella, S. Morini, S.L. Nori, C. Palumbo, M. Papa, A. Porzionato, R. Rezzani, L. Rodella, P. Rossi, A. Sbarbati, G. Serrao, A. Vercelli, M. Vertemati, M. Vitale, C. Zancanaro, S. Zecchi, G. Zummo. - [s.l.] : EDRA, 2017. - ISBN 9788821431326.
3. NELSON GE, KELLY PJ, PETERSON LF, JANES JM. Blood supply of the human tibia. *J Bone Joint Surg Am.* 1960 Jun;42-A:625-36. [PubMed: 13854090]
4. Mauro MA, Jaques PF, Moore M. The popliteal artery and its branches: embryologic basis of normal and variant anatomy. *AJR Am J Roentgenol.* 1988 Feb;150(2):435-7. doi: 10.2214/ajr.150.2.435. PMID: 3257338.
5. Torres AL, Ferreira MC. Study of the anatomy of the tibial nerve and its branches in the distal medial leg. *Acta Ortop Bras.* 2012;20(3):157-64. [PMC free article: PMC3718430] [PubMed: 24453596]
6. Del Din, R., Gili, S. Sindromi compressive dei nervi cutanei alla fascia della gamba. *LO SCAL* **25**, 74–78 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11639-011-0099-1>
7. Fukumoto S, Martin TJ. Bone as an endocrine organ. *Trends Endocrinol Metab.* 2009 Jul;20(5):230-6. doi: 10.1016/j.tem.2009.02.001. Epub 2009 Jun 21. PMID: 19546009.

8. Zanatta LC, Boguszewski CL, Borba VZ, Kulak CA. Osteocalcin, energy and glucose metabolism. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2014 Jul;58(5):444-51. doi: 10.1590/0004-2730000003333. PMID: 25166034.
9. Carter DR, Beaupré GS, Giori NJ, Helms JA. Mechanobiology of skeletal regeneration. *Clin Orthop Relat Res.* 1998 Oct;(355 Suppl):S41-55. doi: 10.1097/00003086-199810001-00006. PMID: 9917625.
10. Buckwalter JA, Cooper RR. Bone structure and function. *Instr Course Lect.* 1987;36:27-48. PMID: 3325555.
11. Orlandi-Oliveras G, Nacarino-Meneses C, Koufos GD, Köhler M. Bone histology provides insights into the life history mechanisms underlying dwarfing in hipparionins. *Sci Rep.* 2018 Nov 21;8(1):17203. doi: 10.1038/s41598-018-35347-x. Erratum in: *Sci Rep.* 2019 Jul 11;9(1):10271. PMID: 30464210; PMCID: PMC6249282.
12. de Baat P, Heijboer MP, de Baat C. Ontwikkeling, fysiologie en celactiviteit van bot [Development, physiology, and cell activity of bone]. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 2005 Jul;112(7):258-63. Dutch. PMID: 16047964.
13. Dwek JR. The periosteum: what is it, where is it, and what mimics it in its absence? *Skeletal Radiol.* 2010 Apr;39(4):319-23. doi: 10.1007/s00256-009-0849-9. PMID: 20049593; PMCID: PMC2826636.
14. Allen MR, Hock JM, Burr DB. Periosteum: biology, regulation, and response to osteoporosis therapies. *Bone.* 2004 Nov;35(5):1003-12. doi: 10.1016/j.bone.2004.07.014. PMID: 15542024.
15. Wang T, Zhang X, Bikle DD. Osteogenic Differentiation of Periosteal Cells During Fracture Healing. *J Cell Physiol.* 2017 May;232(5):913-921. doi: 10.1002/jcp.25641. Epub 2016 Oct 26. PMID: 27731505; PMCID: PMC5247290.
16. Aaron JE. Periosteal Sharpey's fibers: a novel bone matrix regulatory system? *Front Endocrinol (Lausanne).* 2012 Aug 9;3:98. doi: 10.3389/fendo.2012.00098. PMID: 22908007; PMCID: PMC3414712.

17. Colnot C. Skeletal cell fate decisions within periosteum and bone marrow during bone regeneration. *J Bone Miner Res.* 2009 Feb;24(2):274-82. doi: 10.1359/jbmr.081003. Erratum in: *J Bone Miner Res.* 2009 Apr;24(4):758. PMID: 18847330; PMCID: PMC3276357.
18. Liu S, Wang Z, Su Y, Qi L, Yang W, Fu M, Jing X, Wang Y, Ma Q. A neuroanatomical basis for electroacupuncture to drive the vagal-adrenal axis. *Nature.* 2021 Oct;598(7882):641-645. doi: 10.1038/s41586-021-04001-4. Epub 2021 Oct 13. Erratum in: *Nature.* 2022 Jan;601(7893):E9. PMID: 34646018; PMCID: PMC9178665.
19. Li Z, Meyers CA, Chang L, Lee S, Li Z, Tomlinson R, Hoke A, Clemens TL, James AW. Fracture repair requires TrkA signaling by skeletal sensory nerves. *J Clin Invest.* 2019 Dec 2;129(12):5137-5150. doi: 10.1172/JCI128428. PMID: 31638597; PMCID: PMC6877307.
20. Hohmann EL, Elde RP, Rysavy JA, Einzig S, Gebhard RL. Innervation of periosteum and bone by sympathetic vasoactive intestinal peptide-containing nerve fibers. *Science.* 1986 May 16;232(4752):868-71. doi: 10.1126/science.3518059. PMID: 3518059.
21. Morley J, Fan C, McDermott K, Fede C, Hughes E, Stecco C. The crural interosseous membrane re-visited: a histological and microscopic study. *Eur J Transl Myol.* 2019 Aug 9;29(3):8340. doi: 10.4081/ejtm.2019.8340. PMID: 31579480; PMCID: PMC6767936.
22. Minns RJ, Hunter JA. The mechanical and structural characteristics of the tibio-fibular interosseous membrane. *Acta Orthop Scand.* 1976 Apr;47(2):236-40. doi: 10.3109/17453677608989725. PMID: 1274549.
23. Skraba JS, Greenwald AS. The role of the interosseous membrane on tibiofibular weightbearing. *Foot Ankle.* 1984 May-Jun;4(6):301-4. doi: 10.1177/107110078400400605. PMID: 6735287.
24. Ebraheim NA, Taser F, Shafiq Q, Yeasting RA. Anatomical evaluation and clinical importance of the tibiofibular syndesmosis ligaments. *Surg Radiol Anat.* 2006 May;28(2):142-9. doi: 10.1007/s00276-006-0077-0. Epub 2006 Feb 7. PMID: 16463081.

25. Rein S, Hanisch U, Zwipp H, Fieguth A, Lwowski S, Hagert E. Comparative analysis of inter- and intraligamentous distribution of sensory nerve endings in ankle ligaments: a cadaver study. *Foot Ankle Int.* 2013 Jul;34(7):1017-24. doi: 10.1177/1071100713480862. Epub 2013 Mar 1. PMID: 23456084.
26. Abraira VE, Ginty DD. The sensory neurons of touch. *Neuron.* 2013 Aug 21;79(4):618-39. doi: 10.1016/j.neuron.2013.07.051. PMID: 23972592; PMCID: PMC3811145.
27. van Oeveren BT, de Ruitter CJ, Beek PJ, van Dieën JH. The biomechanics of running and running styles: a synthesis. *Sports Biomech.* 2021 Mar 4:1-39. doi: 10.1080/14763141.2021.1873411. Epub ahead of print. PMID: 33663325.
28. *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis*: Richard Baker, Mac Keith Press, 6 Market Road, London, N7 9PW, 2013, ISBN: 978-1-908316-66-0, Paperback, 246 pp.
29. Gage JR. An overview of normal walking. *Instr Course Lect.* 1990;39:291-303. PMID: 2186116.
30. Novacheck TF. Walking, running, and sprinting: a three-dimensional analysis of kinematics and kinetics. *Instr Course Lect.* 1995;44:497-506. PMID: 7797888.
31. Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture.* 1998 Jan 1;7(1):77-95. doi: 10.1016/s0966-6362(97)00038-6. PMID: 10200378.
32. Simonsen EB, Alkjær T, Raffalt PC. Influence of stimulus intensity on the soleus H-reflex amplitude and modulation during locomotion. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013 Apr;23(2):438-42. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.10.019. Epub 2012 Nov 24. PMID: 23186866.
33. Hebenstreit F, Leibold A, Krinner S, Welsch G, Lochmann M, Eskofier BM. Effect of walking speed on gait sub phase durations. *Hum Mov Sci.* 2015 Oct;43:118-24. doi: 10.1016/j.humov.2015.07.009. Epub 2015 Aug 6. PMID: 26256534.
34. Bezodis NE, Willwacher S, Salo AIT. The Biomechanics of the Track and Field Sprint Start: A Narrative Review. *Sports Med.* 2019 Sep;49(9):1345-1364. doi: 10.1007/s40279-019-01138-1. PMID: 31209732; PMCID: PMC6684547.

35. Carrard A, Fontana E, Malatesta D. Mechanical Determinants of the U-Shaped Speed-Energy Cost of Running Relationship. *Front Physiol.* 2018 Dec 18;9:1790. doi: 10.3389/fphys.2018.01790. PMID: 30618803; PMCID: PMC6305502.
36. Royer TD, Martin PE. Manipulations of leg mass and moment of inertia: effects on energy cost of walking. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:649–56 n92
37. *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention* Editor(s):Vladimir M. Zatsiorsky First published:1 January 2000 Print ISBN: 9780632053926 |Online ISBN:9780470693797 |DOI:10.1002/9780470693797
38. Bailey J, Mata T, Mercer JA. Is the Relationship Between Stride Length, Frequency, and Velocity Influenced by Running on a Treadmill or Overground? *Int J Exerc Sci.* 2017 Nov 1;10(7):1067-1075. PMID: 29170707; PMCID: PMC5685089.
39. Rice H, Kurz M, Mai P, Robertz L, Bill K, Derrick TR, Willwacher S. Speed and surface steepness affect internal tibial loading during running. *J Sport Health Sci.* 2023 Mar 15:S2095-2546(23)00033-9. doi: 10.1016/j.jshs.2023.03.004. Epub ahead of print. PMID: 36931595.
40. Chapman RF, Laymon AS, Wilhite DP, McKenzie JM, Tanner DA, Stager JM. Ground contact time as an indicator of metabolic cost in elite distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 May;44(5):917-25. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182400520. PMID: 22089481.
41. Lieberman DE, Warrener AG, Wang J, Castillo ER. Effects of stride frequency and foot position at landing on braking force, hip torque, impact peak force and the metabolic cost of running in humans. *J Exp Biol.* 2015 Nov;218(Pt 21):3406-14. doi: 10.1242/jeb.125500. PMID: 26538175.
42. Cavagna, G.A. Symmetry and Asymmetry in Bouncing Gaits. *Symmetry* 2010, 2, 1270-1321. <https://doi.org/10.3390/sym2031270>
43. Heiderscheit BC, Chumanov ES, Michalski MP, Wille CM, Ryan MB. Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Feb;43(2):296-302. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ebedf4. PMID: 20581720; PMCID: PMC3022995

44. Williams KR, Cavanagh PR. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol* (1985). 1987 Sep;63(3):1236-45. doi: 10.1152/jappl.1987.63.3.1236. PMID: 3654469.
45. Orendurff MS, Kobayashi T, Tulchin-Francis K, Tullock AMH, Villarosa C, Chan C, Kraus E, Strike S. A little bit faster: Lower extremity joint kinematics and kinetics as recreational runners achieve faster speeds. *J Biomech*. 2018 Apr 11;71:167-175. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.02.010. Epub 2018 Feb 10. Erratum in: *J Biomech*. 2019 Jan 3;82:404. PMID: 29472010.
46. Williams KR, Cavanagh PR, Ziff JL. Biomechanical studies of elite female distance runners. *Int J Sports Med*. 1987 Nov;8 Suppl 2:107-18. doi: 10.1055/s-2008-1025715. PMID: 3692651.
47. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Mechanisms for improved running economy in beginner runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Sep;44(9):1756-63. doi: 10.1249/MSS.0b013e318255a727. PMID: 22525760.
48. Dalleau G, Belli A, Bourdin M, Lacour JR. The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998 Feb;77(3):257-63. doi: 10.1007/s004210050330. PMID: 9535587.
49. Xu Y, Yuan P, Wang R, Wang D, Liu J, Zhou H. Effects of Foot Strike Techniques on Running Biomechanics: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health*. 2021 Jan/Feb;13(1):71-77. doi: 10.1177/1941738120934715. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32813597; PMCID: PMC7734358.
50. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds. *J Sci Med Sport*. 2014 Nov;17(6):671-6. doi: 10.1016/j.jsams.2013.09.014. Epub 2013 Oct 18. PMID: 24210693.
51. Kyröläinen H, Belli A, Komi PV. Biomechanical factors affecting running economy. *Med Sci Sports Exerc*. 2001 Aug;33(8):1330-7. doi: 10.1097/00005768-200108000-00014. PMID: 11474335.

52. Hamner, S.R., Delp, S.L., Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds. *Journal of Biomechanics* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.11.024>
53. Rassier DE, MacIntosh BR, Herzog W. Length dependence of active force production in skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 1999;86:1445–57 N90
54. Moore IS. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Med.* 2016 Jun;46(6):793-807. doi: 10.1007/s40279-016-0474-4. PMID: 26816209; PMCID: PMC4887549.
55. Walaa M. Elsaïs, Stephen J. Preece, Richard K. Jones, Lee Herrington, Between-day repeatability of lower limb EMG measurement during running and walking, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Volume 55, 2020, 102473, ISSN 1050-6411, <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102473>.
56. Hamner SR, Seth A, Delp SL. Muscle contributions to propulsion and support during running. *J Biomech.* 2010 Oct 19;43(14):2709-16. doi: 10.1016/j.jbiomech.2010.06.025. Epub 2010 Aug 9. PMID: 20691972; PMCID: PMC2973845.
57. Ker RF, Bennett MB, Bibby SR, Kester RC, Alexander RM. The spring in the arch of the human foot. *Nature.* 1987 Jan 8-14;325(7000):147-9. doi: 10.1038/325147a0. PMID: 3808070.
58. Roberts TJ. Contribution of elastic tissues to the mechanics and energetics of muscle function during movement. *J Exp Biol.* 2016 Jan;219(Pt 2):266-75. doi: 10.1242/jeb.124446. PMID: 26792339; PMCID: PMC6514471.
59. Heise G, Shinohara M, Binks L. Biarticular leg muscles and links to running economy. *Int J Sports Med.* 2008 Aug;29(8):688-91. doi: 10.1055/s-2007-989372. Epub 2007 Dec 18. PMID: 18085504.
60. 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. doi: 10.1177/0095399703258776. PMID: 15090396.

61. Kortebein PM, Kaufman KR, Basford JR, Stuart MJ. Medial tibial stress syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Mar;32(3 Suppl):S27-33. doi: 10.1097/00005768-200003001-00005. PMID: 10730992.
62. Beck BR, Osternig LR. Medial tibial stress syndrome. The location of muscles in the leg in relation to symptoms. *J Bone Joint Surg Am.* 1994 Jul;76(7):1057-61. doi: 10.2106/00004623-199407000-00015. PMID: 8027114.
63. Bouché RT, Johnson CH. Medial tibial stress syndrome (tibial fasciitis): a proposed pathomechanical model involving fascial traction. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2007 Jan-Feb;97(1):31-6. doi: 10.7547/0970031. PMID: 17218623.
64. Stickley CD, Hetzler RK, Kimura IF, Lozanoff S. Crural fascia and muscle origins related to medial tibial stress syndrome symptom location. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Nov;41(11):1991-6. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a6519c. PMID: 19812520.
65. Kudo S, Hatanaka Y. Forefoot flexibility and medial tibial stress syndrome. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2015 Dec;23(3):357-60. doi: 10.1177/230949901502300321. PMID: 26715718.
66. Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Jul;44(7):1325-34. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182465115. PMID: 22217561.
67. Rooney BD, Derrick TR. Joint contact loading in forefoot and rearfoot strike patterns during running. *J Biomech.* 2013 Sep 3;46(13):2201-6. doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.06.022. Epub 2013 Jul 30. PMID: 23910541.
68. Kelikian AS. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle descriptive, topographic, functional. *Anatomy of the foot and Ankle.* 3rd ed. Philadelphia: JB Lippincott; 2011:34-9
69. Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians. *Angle Orthod.* 2004 Feb;74(1):3-15. doi: 10.1043/0003-3219(2004)074<0003:AUOBPA>2.0.CO;2. PMID: 15038485.

70. Milgrom C, Giladi M, Simkin A, Rand N, Kedem R, Kashtan H, Stein M, Gomori M. The area moment of inertia of the tibia: a risk factor for stress fractures. *J Biomech.* 1989;22(11-12):1243-8. doi: 10.1016/0021-9290(89)90226-1. PMID: 2625424.
71. Gaeta M, Minutoli F, Scribano E, Ascenti G, Vinci S, Bruschetta D, Magaudda L, Blandino A. CT and MR imaging findings in athletes with early tibial stress injuries: comparison with bone scintigraphy findings and emphasis on cortical abnormalities. *Radiology.* 2005 May;235(2):553-61. doi: 10.1148/radiol.2352040406. PMID: 15858094.
72. Gaeta M, Minutoli F, Vinci S, Salamone I, D'Andrea L, Bitto L, Magaudda L, Blandino A. High-resolution CT grading of tibial stress reactions in distance runners. *AJR Am J Roentgenol.* 2006 Sep;187(3):789-93. doi: 10.2214/AJR.05.0303. PMID: 16928946.
73. Magnusson HI, Westlin NE, Nyqvist F, Gärdsell P, Seeman E, Karlsson MK. Abnormally decreased regional bone density in athletes with medial tibial stress syndrome. *Am J Sports Med.* 2001 Nov-Dec;29(6):712-5. doi: 10.1177/03635465010290060701. PMID: 11734482.
74. Magnusson HI, Ahlborg HG, Karlsson C, Nyquist F, Karlsson MK. Low regional tibial bone density in athletes with medial tibial stress syndrome normalizes after recovery from symptoms. *Am J Sports Med.* 2003 Jul-Aug;31(4):596-600. doi: 10.1177/03635465030310042001. PMID: 12860551.
75. Windt J, Gabbett TJ. How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. *Br J Sports Med.* 2017 Mar;51(5):428-435. doi: 10.1136/bjsports-2016-096040. Epub 2016 Jul 14. PMID: 27418321.
76. Gabbett TJ, Kennelly S, Sheehan J, Hawkins R, Milsom J, King E, Whiteley R, Ekstrand J. If overuse injury is a 'training load error', should undertraining be viewed the same way? *Br J Sports Med.* 2016 Sep;50(17):1017-8. doi: 10.1136/bjsports-2016-096308. Epub 2016 Jun 1. PMID: 27251895.

77. Clansley AC, Hanlon M, Wallace ES, Nevill A, Lake MJ. Influence of tibial shock feedback training on impact loading and running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(5):973-81. doi: 10.1249/MSS.0000000000000182. PMID: 24121245
78. Edwards WB, Taylor D, Rudolphi TJ, Gillette JC, Derrick TR. Effects of stride length and running mileage on a probabilistic stress fracture model. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Dec;41(12):2177-84. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a984c4. PMID: 19915501.
79. Meardon SA, Derrick TR. Effect of step width manipulation on tibial stress during running. *J Biomech.* 2014 Aug 22;47(11):2738-44. doi: 10.1016/j.jbiomech.2014.04.047. Epub 2014 May 21. PMID: 24935171.
80. Meardon SA, Derrick TR, Willson JD, Baggaley M, Steinbaker CR, Marshall M, Willy RW. Peak and Per-Step Tibial Bone Stress During Walking and Running in Female and Male Recreational Runners. *Am J Sports Med.* 2021 Jul;49(8):2227-2237. doi: 10.1177/03635465211014854. Epub 2021 Jun 2. PMID: 34077287.
81. Camelio K, Gruber AH, Powell DW, Paquette MR. Influence of Prolonged Running and Training on Tibial Acceleration and Movement Quality in Novice Runners. *J Athl Train.* 2020 Dec 1;55(12):1292-1299. doi: 10.4085/1062-6050-0491.19. PMID: 32946571; PMCID: PMC7740067.
82. Benjamin D, Odof S, Abbès B, Fourchet F, Christiaen B, Taïar R. Shock Response Spectrum Analysis of Fatigued Runners. *Sensors (Basel).* 2022 Mar 18;22(6):2350. doi: 10.3390/s22062350. PMID: 35336519; PMCID: PMC8952301.
83. Czerniecki JM. Foot and ankle biomechanics in walking and running. A review. *Am J Phys Med Rehabil.* 1988 Dec;67(6):246-52. PMID: 3058153.
84. Derrick TR, Edwards WB, Fellin RE, Seay JF. An integrative modeling approach for the efficient estimation of cross sectional tibial stresses during locomotion. *J Biomech.* 2016 Feb 8;49(3):429-35. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.01.003. Epub 2016 Jan 11. PMID: 26803338.

85. Plisky MS, Rauh MJ, Heiderscheit B, Underwood FB, Tank RT. Medial tibial stress syndrome in high school cross-country runners: incidence and risk factors. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Feb;37(2):40-7. doi: 10.2519/jospt.2007.2343. PMID: 17366958.
86. Reinking, Mark F PT, PhD, SCS, ATC; Hayes, Ann M PT, MHS, OCS. Intrinsic Factors Associated With Exercise-Related Leg Pain in Collegiate Cross-Country Runners. *Clinical Journal of Sport Medicine* 16(1):p 10-14, January 2006. | DOI: 10.1097/01.jsm.0000188041.04760.d2
87. Page M.J., Moher D., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E. PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n160. doi: 10.1136/bmj.n160.
88. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
89. <https://www.webofknowledge.com>
90. <https://www.scopus.com>
91. Winters M, Moen MH, Zimmermann WO, Lindeboom R, Weir A, Backx FJ, Bakker EW. The medial tibial stress syndrome score: a new patient-reported outcome measure. *Br J Sports Med.* 2016 Oct;50(19):1192-9. doi: 10.1136/bjsports-2015-095060. Epub 2015 Oct 28. Erratum in: *Br J Sports Med.* 2020 Feb;54(4):e2. PMID: 26511003.
92. Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth.* 2019 Apr;13(Suppl 1):S31-S34. doi: 10.4103/sja.SJA_543_18. PMID: 30930717; PMCID: PMC6398292.
93. Hozo SP, Djulbegovic B, Hozo I. Estimating the mean and variance from the median, range, and the size of a sample. *BMC Med Res Methodol.* 2005 Apr 20;5:13. doi: 10.1186/1471-2288-5-13. PMID: 15840177; PMCID: PMC1097734.
94. Johnston E, Flynn T, Bean M, Breton M, Scherer M, Dreitzler G, Thomas D. A randomized controlled trial of a leg orthosis versus traditional treatment for soldiers with shin splints: a pilot study. *Mil Med.* 2006 Jan;171(1):40-4. doi: 10.7205/milmed.171.1.40. PMID: 16532872.

95. Loudon JK, Dolphino MR. Use of foot orthoses and calf stretching for individuals with medial tibial stress syndrome. *Foot Ankle Spec.* 2010 Feb;3(1):15-20. doi: 10.1177/1938640009355659. Epub 2009 Dec 18. PMID: 20400435.
96. Moen MH, Bongers T, Bakker EW, Weir A, Zimmermann WO, van der Werve M, Backx FJ. The additional value of a pneumatic leg brace in the treatment of recruits with medial tibial stress syndrome; a randomized study. *J R Army Med Corps.* 2010 Dec;156(4):236-40. doi: 10.1136/jramc-156-04-06. PMID: 21275357.
97. Rompe JD, Cacchio A, Furia JP, Maffulli N. Low-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for medial tibial stress syndrome. *Am J Sports Med.* 2010 Jan;38(1):125-32. doi: 10.1177/0363546509343804. Epub 2009 Sep 23. PMID: 19776340.
98. Moen MH, Rayer S, Schipper M, Schmikli S, Weir A, Tol JL, Backx FJ. Shockwave treatment for medial tibial stress syndrome in athletes; a prospective controlled study. *Br J Sports Med.* 2012 Mar;46(4):253-7. doi: 10.1136/bjism.2010.081992. Epub 2011 Mar 9. PMID: 21393260.
99. Moen MH, Holtslag L, Bakker E, Barten C, Weir A, Tol JL, Backx F. The treatment of medial tibial stress syndrome in athletes; a randomized clinical trial. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2012 Mar 30;4:12. doi: 10.1186/1758-2555-4-12. PMID: 22464032; PMCID: PMC3352296.
100. Newsham KR, Beekley MD, Lauber CA. A neuromuscular intervention for exercise-related medial leg pain. *J Sport Rehabil.* 2012 Feb;21(1):54-62. doi: 10.1123/jsr.21.1.54. Epub 2011 Nov 15. PMID: 22104168.
101. Chang CC, Ku CH, Hsu WC, Hu YA, Shyu JF, Chang ST. Five-day, low-level laser therapy for sports-related lower extremity periostitis in adult men: a randomized, controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014 Jul;29(4):1485-94. doi: 10.1007/s10103-014-1554-z. Epub 2014 Mar 13. PMID: 24622816.
102. Schulze C, Finze S, Bader R, Lison A. Treatment of medial tibial stress syndrome according to the fascial distortion model: a prospective case control study. *ScientificWorldJournal.*

- 2014;2014:790626. doi: 10.1155/2014/790626. Epub 2014 Oct 14. PMID: 25379543; PMCID: PMC4212583.
103. Newman P, Waddington G, Adams R. Shockwave treatment for medial tibial stress syndrome: A randomized double blind sham-controlled pilot trial. *J Sci Med Sport*. 2017 Mar;20(3):220-224. doi: 10.1016/j.jsams.2016.07.006. Epub 2016 Aug 5. PMID: 27640922.
104. Martinez RE, Lopez EB, Cox RW, Stankevitz D, Larkins L, Baker RT, May J. Exploring treatment of medial tibial stress syndrome via posture and the MyoKinesthetic system. *J Bodyw Mov Ther*. 2020 Jan;24(1):82-87. doi: 10.1016/j.jbmt.2019.06.004. Epub 2019 Jun 15. PMID: 31987568.
105. Naderi A, Bagheri S, Ramazanian Ahoor F, Moen MH, Degens H. Foot Orthoses Enhance the Effectiveness of Exercise, Shockwave, and Ice Therapy in the Management of Medial Tibial Stress Syndrome. *Clin J Sport Med*. 2022 May 1;32(3):e251-e260. doi: 10.1097/JSM.0000000000000926. Epub 2021 Mar 24. PMID: 33797477.
106. Padhiar N, Curtin M, Aweid O, Aweid B, Morrissey D, Chan O, Malliaras P, Crisp T. The effectiveness of PROLOTHERAPY for recalcitrant Medial TIBIAL Stress Syndrome: a prospective consecutive CASE series. *J Foot Ankle Res*. 2021 Apr 16;14(1):32. doi: 10.1186/s13047-021-00453-z. PMID: 33863355; PMCID: PMC8052809.
107. Peterson MN, Kocher BK, Heileson JL, Sanders MV. Effect of Compression Therapy in the Treatment of Tibial Stress Syndrome in Military Service Members. *J Sport Rehabil*. 2022 Apr 20;31(6):771-777. doi: 10.1123/jsr.2021-0327. PMID: 35453124.
108. Galbraith RM, Lavalley ME. Medial tibial stress syndrome: conservative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2009 Oct 7;2(3):127-33. doi: 10.1007/s12178-009-9055-6. PMID: 19809896; PMCID: PMC2848339.
109. Deshmukh NS, Phansopkar P. Medial Tibial Stress Syndrome: A Review Article. *Cureus*. 2022 Jul 7;14(7):e26641. doi: 10.7759/cureus.26641. PMID: 35949792; PMCID: PMC9356648.

110. Smith W, Winn F, Parette R. Comparative Study using Four Modalities in Shinsplint Treatments*. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1986;8(2):77-80. doi: 10.2519/jospt.1986.8.2.77. PMID: 18802244.
111. Brewer RB, Gregory AJM. Chronic Lower Leg Pain in Athletes: A Guide for the Differential Diagnosis, Evaluation, and Treatment. *Sports Health.* 2012;4(2):121-127. doi:10.1177/1941738111426115
112. Fredericson M, Bergman AG, Hoffman KL, Dillingham MS. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sports Med.* 1995 Jul-Aug;23(4):472-81. doi: 10.1177/036354659502300418. PMID: 7573660.
113. Sommer HM, Vallentyne SW. Effect of foot posture on the incidence of medial tibial stress syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1995 Jun;27(6):800-4. PMID: 7658939.
114. Niemuth PE, Johnson RJ, Myers MJ, Thieman TJ. Hip muscle weakness and overuse injuries in recreational runners. *Clin J Sport Med.* 2005 Jan;15(1):14-21. doi: 10.1097/00042752-200501000-00004. PMID: 15654186.
115. Beck BR. Tibial stress injuries. An aetiological review for the purposes of guiding management. *Sports Med.* 1998 Oct;26(4):265-79. doi: 10.2165/00007256-199826040-00005. PMID: 9820925.
116. Couture CJ, Karlson KA. Tibial stress injuries: decisive diagnosis and treatment of 'shin splints'. *Phys Sportsmed.* 2002 Jun;30(6):29-36. doi: 10.3810/psm.2002.06.337. PMID: 20086529.
117. Mattock, J.P.M., Steele, J.R. & Mickle, K.J. Are Leg Muscle, Tendon and Functional Characteristics Associated with Medial Tibial Stress Syndrome? A Systematic Review. *Sports Med - Open* 7, 71 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00362-2>

118. Madeley LT, Munteanu SE, Bonanno DR. Endurance of the ankle joint plantar flexor muscles in athletes with medial tibial stress syndrome: a case-control study. *J Sci Med Sport*. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.12.115>.
119. Yüksel O, Ozgürbüz C, Ergün M, İşlegen C, Taskiran E, Denerel N, Ertat A. Inversion/Eversion strength dysbalance in patients with medial tibial stress syndrome. *J Sports Sci Med*. 2011 Dec 1;10(4):737-42. PMID: 24149567; PMCID: PMC3761519.
120. Strakowski JA, Jamil T. Management of common running injuries. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2006 Aug;17(3):537-52. doi: 10.1016/j.pmr.2006.05.006. PMID: 16952751.
121. Adstrum S, Hedley G, Schleip R, Stecco C, Yucesoy CA. Defining the fascial system. *J Bodyw Mov Ther*. 2017 Jan;21(1):173-177. doi: 10.1016/j.jbmt.2016.11.003. Epub 2016 Nov 16. PMID: 28167173.
122. Milgrom C, Radeva-Petrova DR, Finestone A, Nyska M, Mendelson S, Benjuya N, Simkin A, Burr D. The effect of muscle fatigue on in vivo tibial strains. *J Biomech*. 2007;40(4):845-50. doi: 10.1016/j.jbiomech.2006.03.006. Epub 2006 May 8. PMID: 16682046.
123. Rome K, Handoll HH, Ashford R. Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005 Apr 18;2005(2):CD000450. doi: 10.1002/14651858.CD000450.pub2. PMID: 15846606; PMCID: PMC6769029.
124. Winters M, Eskes M, Weir A, Moen MH, Backx FJ, Bakker EW. Treatment of medial tibial stress syndrome: a systematic review. *Sports Med*. 2013 Dec;43(12):1315-33. doi: 10.1007/s40279-013-0087-0. PMID: 23979968.
125. Nissen LR, Astvad K, Madsen L. Lavenergi-laserbehandling af medialt tibialt stress-syndrom [Low-energy laser therapy in medial tibial stress syndrome]. *Ugeskr Laeger*. 1994 Dec 5;156(49):7329-31. Danish. PMID: 7801390.