



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini

Muscoloscheletrici

A.A. 2019/2020

Campus Universitario di Savona

**Lo stretching è indicato per prevenire gli
infortuni e migliorare le prestazioni nella
corsa? Revisione della letteratura.**

Candidato:

FT Miriam Saragoni

Relatore:

FT, OMPT Marco Imperiale

ABSTRACT

INTRODUZIONE. Lo stretching viene incluso nel riscaldamento e negli allenamenti degli atleti, con lo scopo di ridurre l'incidenza di infortuni e migliorare la performance. In letteratura però sono sorti dei dubbi sulla sua reale efficacia in molti sports: per alcuni autori non avrebbe un'influenza sulla prestazione dello sportivo, né sul rischio di infortunio; altri invece sostengono che agirebbe negativamente su questi outcomes.

L'obiettivo della revisione è analizzare le evidenze disponibili in letteratura sull'azione dello stretching nella prevenzione degli infortuni e nella performance dei runners.

MATERIALI E METODI. La ricerca nei database Cochrane, Pedro e Pubmed è stata condotta tra settembre 2020 e febbraio 2021. Sono stati inclusi RCTs e revisioni sistematiche disponibili in lingua inglese, che si erano occupati di indagare lo stretching in popolazioni la cui attività principale era la corsa. Non è stato impostato un limite per data di pubblicazione.

La selezione degli studi è stata così gestita: prima sono stati esclusi gli articoli non inerenti per titolo, poi per abstract e infine dopo la lettura del full text.

RISULTATI. Dalla ricerca sono emersi 1984 articoli, dei quali, al termine della selezione, sono stati inclusi 7 RCTs e 1 SR. La valutazione metodologica con AMSTAR 2 e RoB 2.0 ha evidenziato che gli studi considerati sono di qualità da bassa a moderata.

CONCLUSIONI. Dalla revisione è emerso che lo stretching statico nei runners non previene gli infortuni, tranne quelli di tipo muscolare; vanno però condotti ulteriori studi per verificarne la reale efficacia, visto il disaccordo in letteratura. Le prestazioni nelle corse su lunghe distanze e nello sprint non sembrano essere condizionate dall'allungamento statico, ma anche in questo caso sono utili future ricerche per avere dei dati più certi. Infine potrebbe essere interessante analizzare se altri tipi di allungamento, differenti dallo statico, abbiano un effetto diverso.

INDICE

1. Introduzione.....	4
1.1 Definizione e fisiologia dello stretching.....	4
1.2 Effetti dello stretching.....	7
1.3 Caratteristiche e tipologie di stretching.....	8
1.4 Running.....	9
1.5 Obiettivo dello studio.....	10
2. Materiali e metodi.....	11
2.1 Criteri di inclusione.....	13
2.2 Criteri di esclusione.....	14
2.3 Raccolta ed analisi dei dati.....	14
2.4 Valutazione del rischio di bias.....	15
3. Risultati.....	16
3.1 Selezione degli studi.....	16
3.2 Caratteristiche e sintesi degli studi inclusi.....	17
3.3 Analisi dei risultati.....	24
3.4 Valutazione metodologica degli studi.....	27
4. Discussione.....	30
4.1 Limiti dello studio.....	33
5. Conclusioni.....	34
6. Bibliografia.....	35
6.1 Sitografia.....	38
7. Appendice.....	39
8. Allegati.....	40
9. Elenco delle figure.....	41

1. INTRODUZIONE

Lo stretching viene comunemente considerato una strategia efficace per la prevenzione degli infortuni e il miglioramento delle prestazioni sportive, per cui viene inserito in warm-up e cool-down dalla maggior parte degli atleti e dei loro allenatori o preparatori. Negli ultimi anni tuttavia sono insorti diversi dubbi riguardanti l'utilizzo generale di queste tecniche, inoltre non è chiaro se via sia un tipo di allungamento più raccomandato di altri a seconda dell'obiettivo desiderato.

1.1 Definizione e fisiologia dello stretching

Per stretching si intendono una serie di movimenti passivi o attivi finalizzati ad aumentare la flessibilità¹, che non è altro che la capacità di un muscolo o di un gruppo muscolare di allungarsi².

Lo stretching dipende dalla tensione passiva e attiva del muscolo, dalla unità muscolo-tendinea (MTU) e dai propriocettori del sistema muscoloscheletrico³.

Il muscolo è dotato di tensione attiva e passiva: la passiva è data dalle proprietà strutturali del muscolo e della fascia che lo circonda ed è quindi garantita dalle loro proprietà viscoelastiche; mentre l'attiva dipende dalla contrazione muscolare ed è determinata dall'innervazione periferica del motoneurone alpha e dall'attivazione riflessa (motoneurone gamma)⁴.

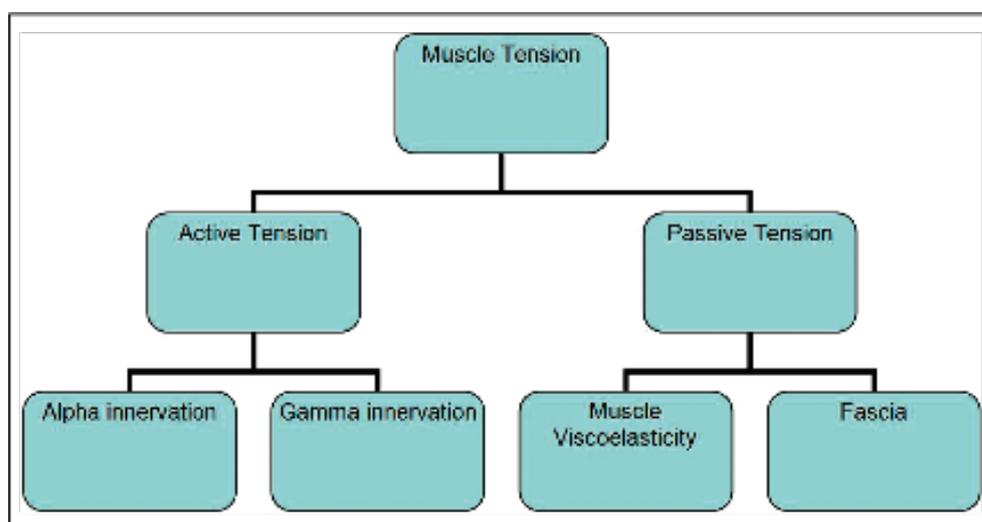


Figura 1. Fattori che contribuiscono alla tensione muscolare.

L'unità muscolotendinea è dotata di proprietà viscoelastiche: la caratteristica elastica si riferisce alla capacità della MTU di tornare alla sua lunghezza originale dopo che è stata allungata⁵. Ciò però non avviene subito dopo che la posizione di allungamento viene rilasciata; per le proprietà viscosse della MTU, essa torna lentamente alla lunghezza iniziale o, se lo stretching è stato applicato per molto tempo oppure se non c'è stato sufficiente recupero tra una applicazione e l'altra, non vi ritorna mai.

All'interno dei muscoli e dei tendini, sono presenti dei propriocettori, che forniscono informazioni al sistema nervoso centrale su lunghezza, tensione muscolare e sulla posizione articolare. In particolare tra questi i fusi neuromuscolari sono recettori che rilevano cambiamenti della lunghezza, mentre gli organi miotendinei del Golgi sono recettori sensibili a variazioni di tensione muscolare.

Lo studio di Magnusson del 2010⁶ discute alcune teorie meccaniche sull'aumento della flessibilità e quindi del ROM grazie allo stretching ed aggiunge una teoria sulla sensibilità all'allungamento. Tra le teorie meccaniche vi sono:

- Deformazione viscoelastica: lo stretching ripetuto della MTU comporta una diminuzione del picco della tensione passiva e un conseguente aumento del range articolare^{3,7};

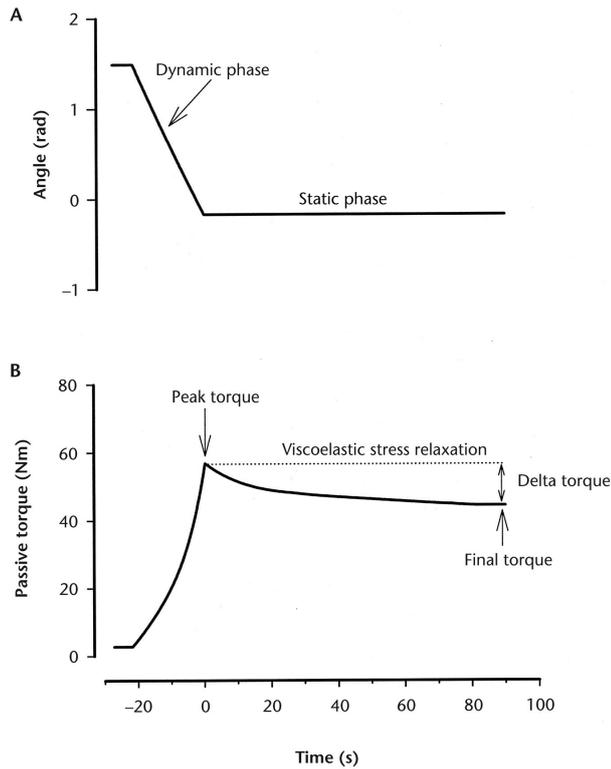


Figura 2. Stress relaxation durante l'applicazione di stretching statico.

- Deformazione plastica del tessuto connettivo: l'intensità dell'allungamento è tale da portare il tessuto connettivo contenuto nel muscolo oltre il suo limite elastico, nella regione plastica e ciò determinerebbe l'impossibilità del tessuto stesso di tornare alla posizione pre-stretching.

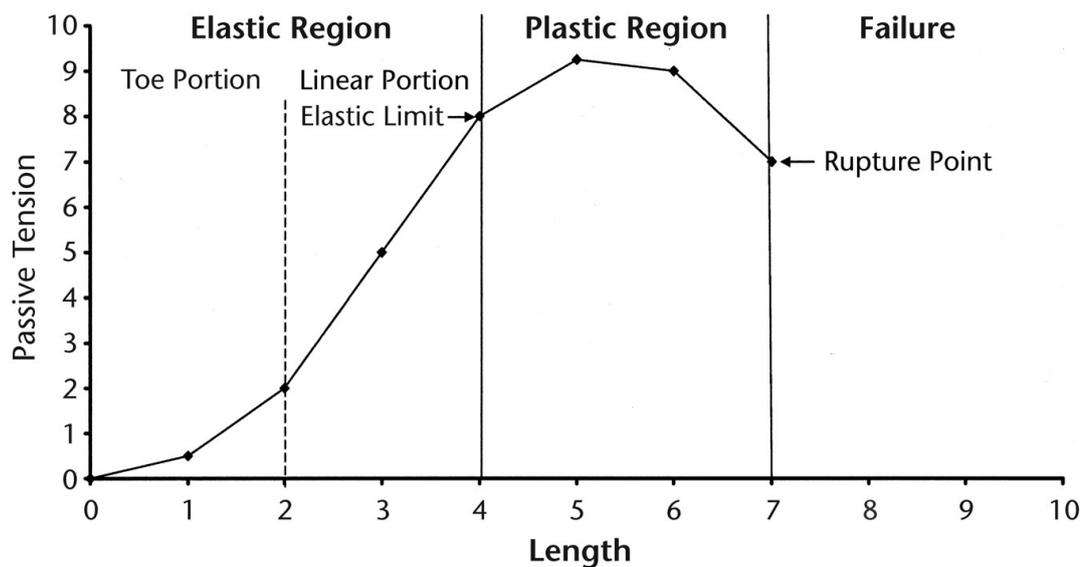


Figura 3. Modello della curva lunghezza/tensione passiva.

- Aumento dei sarcomeri in serie: sembrerebbe che l'allungamento comporti un incremento del numero dei sarcomeri, al contrario dell'immobilità in accorciamento.
- Rilassamento neuromuscolare: sembrerebbe che una lenta applicazione di stretching statico stimoli i riflessi neuromuscolari inducendo un rilassamento del muscolo che viene allungato.
- Infine, Magnusson introduce la teoria della sensibilità allo stretching: parrebbe che un aumento della flessibilità sia dovuto ad una abitudine dello stimolo di allungamento da parte del soggetto, quindi ad una alterazione della sua percezione.

1.2 Effetti dello stretching

Nella letteratura più recente sono presenti molti studi condotti allo scopo di evidenziare quali siano realmente gli effetti dello stretching: Medeiros et al.⁸ hanno dimostrato che esiste un'efficacia documentata sull'incremento della flessibilità e di conseguenza del range articolare. Viene però messo in dubbio come una maggiore flessibilità possa influire su un miglioramento della performance muscolare⁹ e su una riduzione del rischio di infortunio.

Negli ultimi anni è stato evidenziato che lo stretching sembrerebbe essere efficace solo nella prevenzione di infortuni di tipo muscolare, mentre non sembra avere effetti su infortuni da sovraccarico o di altro tipo¹⁰. Inoltre, questa tecnica risulta preventiva solo se effettuata regolarmente, non solo prima dell'esercizio⁵. Dipende anche da quale sia il tipo di sport praticato: è stato evidenziato che attività che richiedono una alta intensità dello short stretching circle (SSC, sinonimo di pliometria, consiste in una fase eccentrica o di allungamento, seguita da un periodo transitorio di contrazione isometrica, che infine conduce ad un'esplosiva fase concentrica¹¹) potrebbero beneficiare di un programma di stretching. Viceversa, tecniche di allungamento potrebbero influire negativamente su atleti che hanno una bassa richiesta del SSC¹². Infine, secondo alcuni autori¹³, sembrerebbe più efficace inserire esercizi di

allungamento specifici per i gruppi muscolari ritenuti più a rischio di infortunio in ciascuno sport.

Per quanto riguarda la performance, mentre alcuni esperti sostengono che, per il momento solo a livello teorico, lo stretching potrebbe migliorare la prestazione muscolare⁹, altri evidenziano che esso sembrerebbe comprometterla. In particolare, è stato evidenziato da molti che lo stretching immediatamente precedente all'esercizio riduca la possibilità di sviluppare la forza massima e comprometta la potenza muscolare^{14, 15}. Anche per la performance, viene messa in evidenza l'importanza di adeguare il programma di stretching al tipo di attività sportiva praticata.

1.3 Caratteristiche e tipologie di stretching

Ci sono 4 parametri importanti da considerare quando si stabiliscono le diverse modalità di stretching: intensità, durata, frequenza (per sessione e a settimana) e la posizione di allungamento³. C'è inoltre da sottolineare che esistono tre diverse tipologie di stretching: statico (SS), dinamico (SD) e la facilitazione propriocettiva neuromuscolare (PNF)¹⁶. Lo stretching statico, anche detto passivo, consiste nel portare il muscolo in una posizione in cui si percepisce allungamento¹⁷, mantenendola per un tempo prestabilito, che varia dai 20 ai 60 secondi. Può essere eseguito dal clinico, da un compagno o dal soggetto stesso. Lo stretching dinamico sfrutta movimenti oscillatori per portare in allungamento il muscolo¹⁸ e si divide in attivo e balistico. Nella tecnica attiva si muove un arto attraverso il suo range completo fino all'end range e si ripete più volte questo movimento. Lo stretching balistico invece include movimenti rapidi ed alternati o oscillazioni in end range⁴; siccome l'allungamento balistico sembrerebbe aumentare il rischio di infortuni, non viene più consigliato¹⁹.

Infine la PNF unisce lo SS alle contrazioni isometriche sia del muscolo agonista che dell'antagonista²⁰ e comprende tre possibili tecniche: la Contract Relax (CR) e la Contract Relax Agonist Contract (CRAC) e la HoldRelax (HR). La CR include una fase di stretching statico seguita da una contrazione isometrica del muscolo stesso, che nella fase di rilassamento viene portato in ulteriore allungamento. La CRAC invece aggiunge la contrazione del muscolo antagonista mentre il muscolo target viene portato maggiormente in allungamento²⁰. La resistenza può essere applicata da un compagno o sfruttando bande elastiche o cinghie. Esiste anche la Post-isometric

Relaxation (PIR), in cui la forza che si produce nella contrazione isometrica è minima (25% della contrazione massimale), viceversa nelle precedenti era pari al 75-100%⁴.

In letteratura si è cercato di dimostrare quale fosse la tecnica di stretching migliore: tutti i tipi di stretching hanno come effetto un aumento del ROM^{4, 21}; la PNF sembrerebbe garantire questo risultato più nell'immediato rispetto agli altri approcci⁴, mentre lo SS comporterebbe il maggiore guadagno in gradi²¹. Pare che lo stretching di tipo statico causi una diminuzione della forza e della potenza esplosiva e un peggioramento della performance nell'immediato (parrebbe solo se di durata maggiore ai 60 secondi²³), per cui viene consigliato lo stretching dinamico subito prima dell'attività⁴, che però inibisce anch'esso la potenza esplosiva²².

1.4 Running

Ad oggi, sono presenti evidenze riguardanti lo stretching e i suoi effetti in molti sports. Andando a focalizzarsi sulla corsa, negli anni più recenti il numero di runners, sia agonisti che non, è aumentato considerevolmente. In questo sport però sono anche molto frequenti gli infortuni²⁴; di essi l'80% è dovuto a sovraccarico e la maggior parte coinvolgono il ginocchio, gli ischiocrurali, la tibia, la caviglia e la fascia plantare²⁴. Per "infortunio legato alla corsa", secondo il consensus del Delphi, si intende qualsiasi dolore muscoloscheletrico agli arti inferiori insorto durante la corsa (sia in competizione che in allenamento), che causi una restrizione o una sospensione della corsa (distanza, velocità, durata...) per almeno 7 giorni o 3 allenamenti consecutivi, o per cui il runner debba consultare un medico o un altro professionista²⁵.

Kluitenberg ha sottolineato che, in un anno, il tasso di infortuni nei runners neofiti è del 27%, nei corridori di lunghe distanze del 32% e nei maratoneti del 52%²⁶. Gli studi riguardanti la corsa e lo stretching sono cospicui, ma, oltre a fornire informazioni discordanti o incerte, analizzano aspetti differenti, sia per quanto riguarda gli effetti, sia per quanto riguarda le tipologie di stretching usate.

1.5 Obiettivo dello studio

L'obiettivo di questa revisione sistematica è selezionare ed integrare le informazioni presenti in letteratura sullo stretching nella corsa e, in particolare, ricercare se esiste

una reale efficacia di questa tecnica sulla prevenzione degli infortuni e il miglioramento della performance.

2. MATERIALI E METODI

Per la stesura della seguente revisione è stato consultato la checklist del PRISMA statement (Preferred Items for Systematic Reviews and Meta-analyses),

La ricerca degli studi è stata condotta sui database Pubmed, PEDro e Cochrane, tra settembre 2020 e febbraio 2021.

La strategia di ricerca si è basata sulla definizione delle parole chiave tramite il metodo PICO:

P: running, runner, runners, run, jogging, jogger, jog, joggers, sprint, sprinter, sprinters

I: muscle stretching exercises, stretching, elongating, lengthening

C: /

O: athletic performance, prevention, injury prevention, injuries prevention, injury, sport performance, sports performance, sport performances, sports performances, sport injuries, sport injury, athletic injuries, sprains and strains.

La stringa prodotta è stata resa più sensibile escludendo nel PICO la sezione “Confronto”. Su Pubmed e Cochrane la ricerca è stata condotta utilizzando gli operatori booleani OR e AND per collegare i termini della stringa.

Nella tabella 1 sono riportate le stringhe complete per singolo database.

DATABASE	STRINGA DI RICERCA
MEDLINE	<pre> ((((((((((((runner) OR (run)) OR (running)) OR (runner)) OR (runners)) OR (sprinter)) OR (sprinters)) OR (sprinting)) OR (jog) OR (jogging)) OR (joggers)) OR (jogger)) OR (running[MeSH Terms])) AND (((stretching) OR (elongating)) OR (lengthening)) OR ("muscle stretching exercises"[MeSH Terms])) AND ((((((((((((performance) OR (prevention)) OR ("injury prevention") OR ("injuries prevention")) OR ("sports performance")) OR ("sport performance")) OR ("sport performances")) OR ("sports performances")) OR (injury)) OR ("sport injuries")) OR ("sport </pre>

	<p>injury")) OR ("athletic injuries"[MeSH Terms]) OR ("athletic performance"[MeSH Terms]) OR ("sprains and strains"[MeSH Terms]))</p> <p><u>Filtri</u>: lingua inglese e italiana; SR e RCT</p>
<p>PEDro (ricerca avanzata)</p>	<p>Ricerca semplice con Run* AND stretch*</p>
<p>CENTRAL (search manager)</p>	<p>#1 stretching</p> <p>#2 MeSH descriptor: [Muscle Stretching Exercises]</p> <p>#3 #1 or #2</p> <p>#4 runner*</p> <p>#5 MeSH descriptor: [Running]</p> <p>#6 running</p> <p>#7 jogger*</p> <p>#8 sprinter*</p> <p>#9 #3 or #4 or #5 or #6 or #7 or #8</p> <p>#10 MeSH descriptor: [Athletic Performance]</p> <p>#11 MeSH descriptor: [Athletic Injuries]</p> <p>#12 performance</p>

	#13 injury
	#14 "running injury"
	#15 injuries
	#16 "injury prevention"
	#17 "injuries prevention"
	#18 MeSH descriptor: [Sprains and Strains]
	#19 #10 or #11 or #12 or #13 or #14 or #15 or #16 or #17 or #18
	#20 #3 and #9 and #19
	<u>Filtri</u> : Cochrane reviews e trials

Tabella 1. Database e rispettive stringhe di ricerca

2.1 Criteri di inclusione

Tipologia di studio

Sono stati inclusi nella revisione studi randomizzati controllati (RCTs) e revisioni sistematiche con full text disponibile in lingua inglese o italiana. Sono stati esclusi articoli non completi e protocolli, andando prima a verificare se fosse presente in letteratura lo studio integrale e aggiornato. Nel caso in cui il full text non fosse reperibile, è stato richiesto all'autore principale tramite mail.

Le revisioni sistematiche sulla prevenzione di infortuni in più sports, se consideravano la corsa, sono state incluse.

Tipologia di partecipanti e di intervento

Sono stati considerati articoli che avevano sia popolazione di sprinters (di almeno 50 metri) sia di runners su distanze lunghe e sia atleti amatoriali che agonisti, nonché neofiti; gli sportivi coinvolti dovevano avere più di 14 anni. Non è stato impostato un filtro per genere, quindi sono stati inclusi sia atleti che atlete. Inoltre sono stati accettati studi che valutavano l'efficacia di programmi di stretching nell'immediato ma anche nel lungo termine, sia sulla "running economy" (cioè il corso energetico della corsa) che sulla velocità. Infine, sono stati compresi studi che analizzavano lo stretching, di qualsiasi tipo, nel warm-up e/o nel cool-down dello sportivo, sia pre-competizione che durante l'allenamento.

2.2 Criteri di esclusione

Sono stati esclusi gli studi che analizzavano lo stretching nel trattamento di patologie o che consideravano la performance della corsa in atleti praticanti altri sport. È stata fatta eccezione per gli studi condotti su militari, dove descritto che l'attività principale del loro allenamento era la corsa.

Non è stato imposto nessun limite per quanto riguarda la data di pubblicazione degli studi.

2.3 Raccolta ed analisi dei dati

Le evidenze emerse dalla ricerca nei diversi database sono stati selezionati in diverse fasi. In un primo momento, sono stati eliminati i duplicati; poi, gli studi ritenuti non pertinenti dopo la lettura del titolo. Successivamente, con la lettura dell'abstract e tenendo in considerazione i criteri di inclusione ed esclusione precedentemente stabiliti, sono stati rimossi ulteriori articoli. Infine, si è proceduto con la lettura del full text per l'ultima selezione. Se uno studio non presentava l'abstract, è stato letto per intero.

All'interno del software Zotero (<https://www.zotero.org/>) sono stati inseriti tutti gli studi emersi dalla ricerca iniziale nei vari database allo scopo di eliminare i duplicati e passare in rassegna titoli ed abstracts.

Successivamente all'analisi dei full text, per ogni studio incluso sono stati riassunti i dati più importanti, quali autore, anno di pubblicazione, partecipanti, tipologia di intervento, misure di outcome, risultati e limitazioni dello studio.

2.4 Valutazione del rischio di bias

La qualità metodologica delle revisioni sistematiche emerse è stata valutata tramite l'utilizzo della scala AMSTAR 2, dove tra i 16 item totali i seguenti 7 sono considerati "critici" e quindi più importanti: registrazione del protocollo, adeguatezza delle strategie di ricerca, motivazione per l'esclusione di ogni singolo studio, valutazione del rischio di bias per ogni studio, appropriatezza dei metodi di meta-analisi, considerazione del rischio di bias nell'interpretazione dei risultati e valutazione della presenza e della probabilità dell'impatto del publication bias.

Gli RCTs sono stati analizzati con lo strumento RoB 2 (Cochrane risk of Bias Tool for Randomized Trials), considerato adatto ed aggiornato per valutare la bontà metodologica degli RCTs, tramite l'evidenziazione dei bias.

Tipologia	Strumento	Link
RCT	RoB 2	https://www.riskofbias.info/welcome/rob-2-0-tool/current-version-of-rob-2
Revisioni sistematiche	AMSTAR 2	https://amstar.ca/docs/AMSTAR-2.pdf

Tabella 2. Strumenti utilizzati per la valutazione delle varie tipologie di studi, con link.

3. RISULTATI

3.1 Selezione degli studi

Attraverso la ricerca nei database secondo i criteri stabiliti in precedenza, sono stati individuati 1984 studi: 1721 su Cochrane, 123 su PEDro, 140 su Medline. Dopo la prima fase di eliminazione dei duplicati (164), gli articoli si sono ridotti a 1820. Selezionando per titolo, sono stati esclusi altri 1578 studi. Si è quindi proseguito con la lettura degli abstract dei 254 articoli rimanenti, con la quale il numero degli studi si è ridotto a 91 (5 di questi non sono stati letti perché, nonostante la richiesta all'autore, non è stato ricavato il full text). Con la consultazione dei full-text, gli studi finali considerati erano 8: la maggior parte di essi è stata eliminata perché non pertinente con la corsa, 8 invece sono stati esclusi perché studi cross-over (i titoli di questi ultimi sono consultabili in appendice).

Il processo di selezione è osservabile in figura 4.

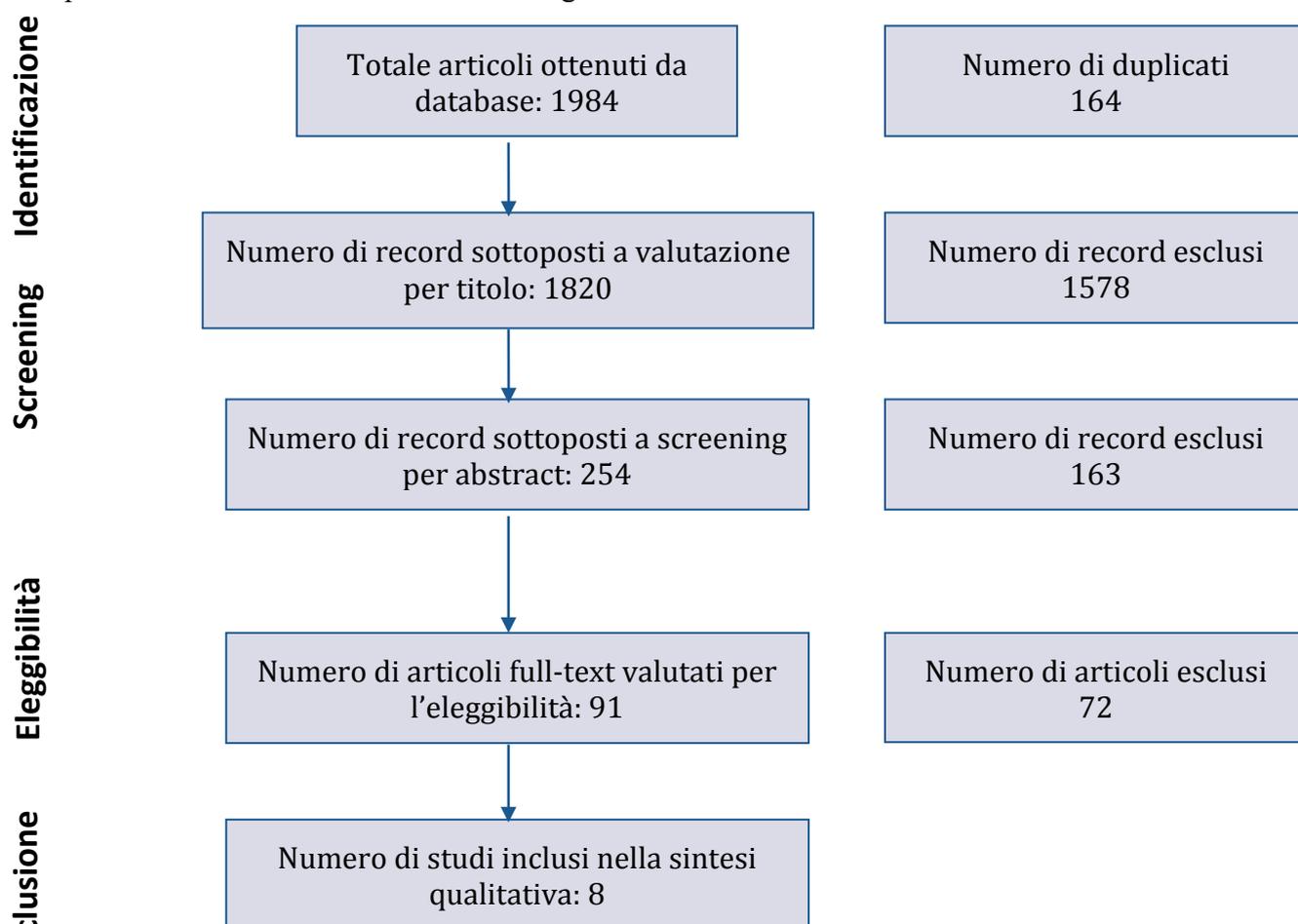


Figura 4. Diagramma di flusso sulla selezione degli studi.

3.2 Caratteristiche e sintesi degli studi inclusi

Gli studi considerati nella revisione sono di due tipologie: 7 RCTs e una revisione sistematica senza metanalisi.

Tre studi^{18, 27, 28} sono condotti su reclute militari, la cui principale attività viene dichiarata essere la corsa e analizzano lo stretching nella prevenzione degli infortuni. Altri due studi^{29, 32} condotti su runners osservano se l'esecuzione di allungamento influenzi il rischio di incorrere in infortuni.

L'unica revisione inclusa¹⁴ confronta la letteratura presente riguardo all'effetto dello stretching sulla performance in generale, tra cui quella nella corsa. Sempre su questo argomento, uno studio³² si occupa di valutare l'efficacia dello stretching nel migliorare la performance nello sprint, mentre l'ultimo RCT³² considerato verifica l'influenza dello stretching sulla running economy.

Tutti gli studi sono stati pubblicati in lingua inglese e i paesi dove sono stati condotti sono Australia (Pope 1998, Pope 2000), Giappone (Amako 2003), Norvegia (Jamtvedt 2010) e America (Bazett-Jones 2008, Nelson 2001, van Mechelen 1993).

La revisione è stata diretta in Canada (Shrier 2004)

Una sintesi degli studi è riassunta nella tabella 3, dove per ogni articolo sono stati riassunti gli aspetti più importanti.

TITOLO E AUTORE	TIPOLOGIA E OBIETTIVO	CAMPIONE	INTERVENTO O PROCEDURA	MISURE DI OUTCOME E STRUMENTI	RISULTATI E LIMITI
EFFECT OF STATIC STRETCHING ON PREVENTION OF INJURIES FOR MILITARY RECRUITS. Amako M. 2003	RCT Lo studio si propone di indagare se lo stretching statico aiuti a prevenire gli infortuni nelle reclute militari.	901 reclute, randomizzate al momento dell'assegnazione al battaglione. Criteri di inclusione: soggetti in salute e senza problemi fisici.	Gruppo di intervento: 518 reclute (età media 19 anni) eseguivano 18 esercizi di stretching statico prima e dopo ogni allenamento, per 20 minuti. Gruppo di controllo: 383 reclute (età media 19 anni), potevano fare	-Outcome: Incidenza degli infortuni divisa per mesi (primo, secondo e terzo) di allenamento e per sede.	Non c'è differenza statisticamente significativa nell'incidenza di infortuni tra i due gruppi. Differenza significativa a favore del gruppo di intervento nell'incidenza di infortuni muscolari e al rachide. La metà

			stretching, ma solo di tipo dinamico e per un massimo di 10 minuti.		degli infortuni nel gruppo di intervento è avvenuta nel primo mese dall'inizio del training. In entrambi i gruppi il numero maggiore di infortuni ha interessato gli arti inferiori. Limiti: numero di soggetti nel campione troppo basso, inclusi solo uomini e grande differenza nella numerosità dei due gruppi.
A RANDOMIZED TRIAL OF PREEXCISE STRETCHING FOR PREVENTION OF LOWER-LIMB INJURY Pope R, 2000	RCT. Lo studio si propone di verificare se lo stretching, inserito nel warm-up pre-esercizio, riduca il rischio di infortunio nelle reclute militari.	1538 reclute, randomizzate nei due gruppi attraverso una procedura di assegnazione casuale, bloccata e stratificata. Criteri di inclusione: assenza di storia di infortuni importanti, buona salute generale, età compresa tra i 17 e i 35 anni e stabilità psicologica.	Gruppo di intervento: 735 soggetti eseguivano 20 secondi di stretching supervisionato per ciascun gruppo muscolare degli arti inferiori, dopo 4 minuti di warm-up. Gruppo di controllo: 803 soggetti, eseguivano warm-up senza stretching.	-Outcome: frequenza di infortuni classificati per area e tipo, indicati come numero di infortuni ogni 1000 giorni di allenamento e ogni 1000 ore di esercizi. -Outcome secondari: la frequenza di infortuni è stata relazionata con età, peso, altezza, BMI e test di velocità (20mSRT).	Nessuna differenza tra i due gruppi nel rischio di infortuni. Sembra che l'età, il punteggio al 20mSRT e il giorno di arruolamento abbiano una relazione con il rischio di infortuni. Limiti: solo sesso maschile, età dei soggetti compresa tra 17 e 35 anni, molti drop outs.
EFFECT OF ANKLE DORSIFLEXION RANGE AND PRE-	RCT. Lo studio si propone di indagare l'influenza della	1093 reclute di sesso maschile dell'esercito australiano, randomizzate attraverso una	Gruppo di intervento: ricevevano stretching di soleo e gastrocnemio (20 secondi per	-Outcome: numero di infortuni alla fine del programma di allenamento e	Un limitato range di dorsiflessione di caviglia comporta un aumentato

<p>EXERCISE CALF MUSCLE STRETCHING ON INJURY RISK IN ARMY RECRUITS Pope R, 1998</p>	<p>dorsiflessione di caviglia sul rischio di infortunio e, in secondo luogo, l'efficacia dello stretching pre-esercizio ai muscoli del polpaccio nel ridurre l'incidenza dei 5 infortuni più frequenti nelle reclute militari.</p>	<p>procedura quasi casuale e bloccata. Veniva misurato il ROM di entrambe le caviglie. Criteri di inclusione: età compresa tra i 17 e i 35 anni e arruolamento prima della data di inizio della sperimentazione. Criteri di esclusione: presenza di importante infortunio preesistente al momento della visita di arruolamento o intercorso tra la visita e l'inizio della formazione.</p>	<p>due volte per lato) prima di qualsiasi esercizio fisico intenso. Gruppo di controllo: ricevevano stretching del tricipite brachiale e dei flessori del polso prima dell'attività fisica intensa, per assicurarsi che stessero fermi lo stesso tempo dei soggetti del gruppo di intervento dopo il warm-up (che era uguale per entrambi i gruppi).</p>	<p>incidenza per persona in un anno -Outcome secondari: frequenza dei 5 infortuni più frequenti in questa popolazione e relazione tra ROM dorsiflessione della caviglia e rischio di infortuni.</p>	<p>rischio di infortunio agli arti inferiori, ma potrebbe essere una relazione casuale. Non sono state trovate evidenze sull'efficacia dello stretching nella riduzione dell'incidenza di infortuni e nell'aumentare la flessibilità. Limiti: basso potere statistico, solo sesso maschile, età compresa tra 17 e 35 anni.</p>
<p>DOES STRETCHING IMPROVE PERFORMANCE? A SYSTEMATIC AND CRITICAL REVIEW OF THE LITERATURE Shrier I 2004</p>	<p>Revisione sistematica. L'obiettivo della revisione è capire se lo stretching, acuto o a lungo termine, influenzi i test di performance e di vari sports.</p>	<p>32 studi: 23 sullo stretching acuto e 9 sullo stretching ripetuto per settimane. Criteri di inclusione: RCT, studi cross-over e studi con misure ripetute.</p>	<p>Revisione che ha analizzato: 1 RCT, 4 studi con misure ripetute e 27 studi cross-over. Del totale degli articoli 5 analizzavano la performance nella corsa dopo stretching acuto e 3 nel caso di stretching nel lungo termine. I restanti analizzavano lo stretching nella performance di</p>	<p>Non sono stati valutati gli studi inclusi, ne vengono solo descritti brevemente i risultati e il tipo di intervento.</p>	<p>La revisione afferma che: -lo stretching acuto sembra non avere effetti positivi su forza, momento e salto -lo stretching acuto nella velocità della corsa, sembrerebbe in uno studio che abbia effetti positivi, ma nei restanti che non ne abbia, quindi ci sono evidenze contraddittorie.</p>

			forza, momento e salto. Non è stata condotta una metanalisi.		-lo stretching regolare sembrerebbe migliorare la performance in 7 studi, in altri due invece sembrerebbe non avere effetto. -lo stretching regolare nella corsa in uno studio sembra migliorare la performance, negli altri sembra non avere effetto. Limiti: non c'è valutazione degli studi inclusi, tipologia di studi inclusi molto varia.
A PRAGMATIC RANDOMIZED TRIAL OF STRETCHING BEFORE AND AFTER PHYSICAL ACTIVITY TO PREVENT INJURY AND SORENESS Jamtvedt G, 2009	RCT. Lo studio si propone di verificare se un programma di stretching di 12 settimane, prima e dopo l'attività, in una popolazione di persone fisicamente attive riduca il rischio di infortuni e l'indolenzimento. Inoltre vorrebbe constatare	I potenziali partecipanti allo studio hanno compilato un questionario online; sono state selezionate 2377 persone, con età media 40 anni, randomizzate tramite un programma al computer. Di essi, 2/3 erano donne e un terzo faceva corsa come attività principale. Criteri di inclusione:	Gruppo di intervento: 1220 soggetti, che eseguivano stretching di sette gruppi muscolari, bilateralmente, prima e dopo ogni sessione di attività fisica intensa. Lo stretching era di tipo statico e doveva durare 30 secondi, per un totale di 14 minuti di protocollo di stretching. Gruppo di controllo: 1157 soggetti, non dovevano allungare né i	Un report a settimana per dodici settimane di: -Outcome primario: time to injury e indolenzimento. -Outcome secondari: time to muscle, ligament and tendon injuries, "professional care injuries", severità dell'indolenzimento e percezione di rilassatezza.	Lo stretching sembra non avere un effetto clinicamente e statisticamente significativo sul rischio di infortuni, mentre produrrebbe delle piccole riduzioni sul rischio di indolenzimento. L'allungamento invece sembrerebbe ridurre il rischio di infortuni ai muscoli, ai legamenti e ai tendini, soprattutto nei giovani. Non avrebbe

	<p>gli effetti dello stretching sulla severità dell'indolenzimento durante e dopo l'esercizio e accertare se l'efficacia della prevenzione degli infortuni dipenda dall'età, dai livelli di attività e dalle credenze sullo stretching</p>	<p>soggetti di età maggiore di 18 anni, capaci di leggere e scrivere in inglese o norvegese, che avessero preso parte a un'attività intensa almeno un giorno nella settimana precedente, con regolare accesso a internet e alle emails. Criteri di esclusione: soggetti che avessero subito un infortunio agli arti inferiori o alla schiena che aveva impedito loro di fare l'attività.</p>	<p>muscoli del tronco né quelli degli arti inferiori. I partecipanti di entrambi i gruppi avevano l'indicazione di continuare i loro pattern di esercizio e di stretching usuali per gli arti superiori.</p>		<p>efficacia sui "professional care injuries". Infine, parrebbe ridurre la severità dell'indolenzimento e aumentare il senso di rilassatezza durante l'attività. C'è una relazione statisticamente significativa tra l'età e l'effetto dello stretching sul rischio di infortuni. La stessa relazione è stata evidenziata con le credenze sullo stretching. Limiti: presenza di drop outs, mancanza di dati nella compilazione da parte dei partecipanti; auto-compilazione da parte dei soggetti, che non erano in cieco.</p>
<p>SPRINT AND VERTICAL JUMP PERFORMANCES ARE NOT AFFECTED BY SIX WEEKS OF STATIC HAMSTRING</p>	<p>RCT. Lo studio si propone di indagare gli effetti di un programma di 6 settimane di stretching statico cronico agli hamstrings sul ROM di</p>	<p>21 atlete di varie discipline di atletica, randomizzate attraverso sorteggio. Criteri di inclusione: atlete pratiche di attività quali salto e sprint, che non</p>	<p>Gruppo di intervento: composto da 10 atlete, dopo un warm-up aerobico svolgevano stretching degli hamstring come gli era stato insegnato dai ricercatori. Lo stretching veniva svolto 4</p>	<p>Outcomes: dopo 3 e 6 settimane di intervento, ROM di entrambe le ginocchia, altezza del vertical jump e performance nello sprint di 55 metri.</p>	<p>Nessuna differenza statisticamente significativa tra i due gruppi in tutti gli outcomes. Limiti: incluse solo donne, scarsa numerosità campionaria.</p>

STRETCHING Bazett-Jones, 2016	questo gruppo muscolare, sull'altezza del vertical jump e sulla performance di uno sprint di 55 metri.	avevano subito infortuni tali da causare lo stop dall'attività negli ultimi tre mesi. Criteri di esclusione: non runners su distanze lunghe.	volte/settimana per 6 settimane. Gruppo di controllo: 11 atlete, che svolgevano lo stesso warm up del gruppo di intervento ma non dovevano eseguire stretching agli hamstrings.		
CHRONIC STRETCHING AND RUNNING ECONOMY Nelson AG 2001	RCT. Lo studio si propone di verificare se un programma di stretching di 10 settimane può comportare una riduzione del costo energetico della corsa.	32 studenti del college, (16 uomini e 16 donne) assegnati casualmente ai due gruppi. Criteri di inclusione: runners da almeno 6 mesi, per almeno 30 minuti di corsa intensa, dalle 3 alle 5 volte a settimana. I partecipanti non dovevano avere modificato il loro allenamento nell'ultimo periodo, né eseguire stretching regolarmente. Infine, dovevano avere l'obiettivo di continuare agli stessi livelli ed essere abituati alla corsa su	Prima di essere assegnati ai due gruppi, i partecipanti sono stati testati attraverso una prova di running economy su treadmill e è stata misurata la distanza al sit-and-reach. I due gruppi hanno mantenuto le loro precedenti abitudini di corsa e di esercizio. Gruppo di intervento (8 donne e 8 uomini): ai soggetti venivano somministrati 15 differenti esercizi di stretching statico ai principali gruppi muscolari degli arti inferiori, eseguiti passivamente dai ricercatori. Ciascun esercizio di allungamento andava mantenuto per 15 secondi e	Outcome: dopo 10 settimane, sit-and-reach e media del consumo di ossigeno nell'ultima metà di una corsa su treadmill di 10 minuti.	Nessuna differenza tra i due gruppi nel sit-and-reach; c'era invece significatività all'interno del gruppo di intervento nella differenza al sit-and-reach al tempo 0 e dopo le 10 settimane. Nessuna differenza tra i due gruppi nei valori di VO ₂ e quindi neanche nel consumo di ossigeno. Limiti: sit and reach unico test usato per valutare la flessibilità. Non esiste un parametro specifico per misurare il costo energetico.

		treadmill.	ripetuto 3 volte. Gruppo di controllo (8 donne e 8 uomini): i soggetti non dovevano eseguire alcun tipo di stretching.		
PREVENTION OF RUNNING INJURIES BY WARM-UP, COOL-DOWN, AND STRETCHING S Van Mechelen 1993	RCT. Lo studio si propone di valutare l'effetto sugli infortuni nella corsa di un programma di educazione riguardante warm-up, cool-down e stretching.	463 impiegati statali di sesso maschile che praticavano la corsa come sport hanno risposto a un questionario online e sono stati inizialmente sottoposti a una valutazione via mail delle loro conoscenze sulla prevenzione degli infortuni. Hanno risposto in 421, che sono poi stati divisi in 3 classi in base alla distanza percorsa ogni settimana, in 3 classi in base all'età e in 5 classi in base al risultato al questionario sulle conoscenze. Attraverso questa suddivisione sono state create 45 celle, dalle quali i soggetti sono	I partecipanti allo studio hanno continuato ad allenarsi come erano abituati, gli era stato chiesto di compilare un diario giornaliero in cui segnavano la distanza percorsa, il tempo e l'eventuale insorgenza di infortunio. Lo studio è stato condotto per 16 settimane. Gruppo di intervento (210 soggetti): i soggetti hanno ricevuto un booklet con le istruzioni sul programma da svolgere e sono stati istruiti da dei coach sul perché e come eseguire il programma, in un incontro serale in una palestra. Il programma comprendeva 6 minuti di esercizi di corsa, 3 minuti di rilassamento e 10 minuti di stretching prima dell'attività; l'inverso del	Outcome: incidenza degli infortuni, espressa come numero di eventi ogni 1000 ore. Infortuni suddivisi per sede, per lato e per natura (acuto o da sovraccarico). Outcome secondario: conoscenze specifiche sul warm-up e cool-down al termine delle 16 settimane, attraverso la compilazione dello stesso questionario iniziale.	Nessuna differenza tra i due gruppi nell'incidenza di infortuni, nella sede o nella natura dell'evento. Differenza statisticamente significativa a favore del gruppo di intervento per il miglioramento delle conoscenze su warm-up e cool-down. Limiti: soggetti inclusi solo di sesso maschile, presenza di drop-outs.

		stati selezionati casualmente e divisi nei due gruppi. Criteri di inclusione: maschi, in buona salute, non infortunati al momento dell'inizio dello studio, non a casa dal lavoro per malattia, corsa di almeno 10 km a settimana da almeno un anno e il cui lavoro non prevedesse la pratica di sport (ad esempio i pompieri sono stati esclusi).	warm-up appena descritto veniva fatto come cool.down. Gruppo di intervento (211 soggetti): non hanno ricevuto alcuna educazione sulla prevenzione degli infortuni, dovevano compilare alla fine delle 16 settimane un questionario sul loro programma di warm-up, cool down e stretching.		
--	--	--	---	--	--

Tabella 3. Sintesi degli studi inclusi nella revisione.

3.3 Analisi dei risultati

Prevenzione degli infortuni

Cinque studi hanno valutato l'influenza dello stretching sul rischio di infortunio.

Nel lavoro di Pope del 1998, viene verificato se sia possibile prevenire il rischio di infortuni nelle reclute australiane (in particolare 5 infortuni più frequenti in questa popolazione, quindi distorsioni di caviglia, fratture da stress di tibia e piede, periostite, tendinopatia achillea e sindrome compartimentale), attraverso un programma di stretching pre-esercizio della muscolatura del polpaccio e considerando il ROM della caviglia. Il gruppo di intervento doveva svolgere allungamento di soleo e gastrocnemio, per 20 secondi, prima di ogni esercizio fisico intenso; il gruppo di controllo eseguiva lo stesso riscaldamento ma, invece di fare stretching al polpaccio, allungava il tricipite brachiale e la muscolatura flessoria del polso. Tutti i partecipanti

erano sorvegliati e guidati nell'esecuzione del warm-up e dello stretching. Dall'articolo emerge che un ROM in dorsiflessione di 34 gradi sembrerebbe associato a un rischio di 5 volte maggiore di incorrere in una distorsione di caviglia, ma sul dato non c'è significatività. Invece, non è stata rilevata alcuna evidenza che lo stretching pre-esercizio riduca il rischio di uno qualsiasi dei 5 infortuni descritti sopra. Infine, non è stata trovata una interazione significativa tra lo stretching eseguito dal gruppo di controllo e un aumento del ROM in dorsiflessione.

Sempre Pope, nel 2000, ha condotto nuovamente uno studio su reclute australiane allo scopo di evidenziare se lo stretching prima dell'esercizio, inserito nel warm-up, riduca il rischio di infortuni. Prima di iniziare sono state raccolte informazioni su peso, altezza, BMI ed è stato eseguito il test 20 meters shuttle run (20mSRT). I soggetti del gruppo sperimentale, sorvegliati dagli istruttori, praticavano stretching mantenuto per 20 secondi ai gruppi muscolari principali degli arti inferiori durante il warm-up. Il gruppo di controllo eseguiva invece solo attività di riscaldamento. Non sono state rilevate differenze tra i due gruppi in nessun tipo di infortunio. Sembrerebbe invece avere una relazione con il rischio lesivo l'età ($p=0,02$), la performance al 20mSRT ($p<0,001$) e il giorno di arruolamento ($p<0,001$).

Nello studio di Amako (2003) viene confrontato l'utilizzo di un programma di stretching statico della durata di 20 minuti, eseguito prima e dopo l'attività nei 3 mesi di preparazione delle reclute giapponesi. Ai soggetti del gruppo di controllo, veniva lasciata la possibilità di svolgere stretching dinamico per massimo 10 minuti e solamente prima dello sforzo. Dall'analisi dei risultati emerge che non ci sono differenze tra i due gruppi: gli infortuni più frequenti sono stati quelli agli arti inferiori; è stata però rilevata una differenza statisticamente significativa nel numero di infortuni di tipo muscolare a favore del gruppo di intervento. Sempre a favore di quest'ultimo, ma senza rilevanza statistica, è emersa una differenza negli infortuni tendinei e legamentosi. Infine, il tempo trascorso prima dell'infortunio è stato più breve nei soggetti che facevano il programma di stretching: nel primo mese più del 50% di essi ha avuto un evento lesivo, contro il 41% nell'altro gruppo (non c'è significatività).

Analizzando sempre la prevenzione, Van Mechelen (1993) ha condotto uno studio su una popolazione di runners amatoriali. I soggetti sono stati divisi in due gruppi, dopo aver raccolto informazioni tramite un questionario sulle loro conoscenze a riguardo della prevenzione del rischio di running injuries. Tutti i partecipanti dovevano

proseguire con le loro abitudini di allenamento, ma il gruppo sperimentale seguiva una brochure e partecipava ad un incontro serale in cui venivano fornite informazioni sulla corretta prevenzione con warm-up, stretching e cool-down. Il gruppo di controllo non veniva invece educato. Anche in questo caso, non sono emerse differenze tra i due gruppi per quanto riguarda l'incidenza degli infortuni, la sede o la natura; l'unico risultato sostenuto dalla significatività statistica consiste nel miglioramento delle conoscenze su warm-up e cool-down nel gruppo di intervento.

Infine, Jamtvedt nel 2010 ha diretto un RCT coinvolgente persone fisicamente attive, la cui maggioranza erano runners: il gruppo di intervento svolgeva stretching statico di almeno 30 secondi a 7 gruppi muscolari (di arti inferiori e tronco) prima e dopo l'attività; il gruppo di controllo invece non doveva fare allungamento nelle 12 settimane di durata dello studio. Non sono state rilevate differenze per quanto riguarda il rischio di infortunio in generale, ma sembrerebbe che lo stretching riduca le lesioni muscolari, tendinee e legamentose ($p=0,03$). Inoltre, è stata trovata una correlazione significativa ($p=0,039$) tra l'età e l'effetto dell'allungamento sul rischio di infortuni di ogni tipo.

Miglioramento della performance

Tre articoli inclusi hanno verificato se lo stretching influisse sulla performance degli atleti. La revisione di Shrier (2004) analizza l'effetto dello stretching sulla performance; oltre a studi su forza, momento di forza e salto, considera anche studi sulla corsa. La letteratura presente è contraddittoria su come l'allungamento acuto influisca sulla velocità; per quanto invece riguarda lo stretching svolto regolarmente, solo uno studio incluso sostiene che migliori la running economy, mentre gli altri non avevano rilevato alcun effetto.

Nelson nel 2001 ha condotto un RCT per valutare se un programma di stretching di 10 settimane comporti una riduzione del costo energetico della corsa in runners del college. I partecipanti prima di iniziare lo studio sono stati sottoposti a vari tests su treadmill in cui veniva misurato il picco di ossigeno (V_{O_2}) ed è stata misurata la loro flessibilità al sit-and-reach. I membri del gruppo di ricerca sottoponevano i soggetti del gruppo sperimentale a 15 esercizi di stretching statico passivo della durata di 15 secondi, per circa 40 minuti 3 volte alla settimana. Il gruppo di controllo non doveva fare allungamento nelle 10 settimane. È stata trovata una differenza statisticamente

significativa al sit-and-reach nel gruppo di intervento alla misurazione dopo le 10 settimane. Non è stata rilevata alcuna differenza tra i due gruppi nel consumo di ossigeno durante la corsa. Inoltre non c'erano differenze all'interno dello stesso gruppo nei risultati al tempo zero e al termine delle 10 settimane.

Infine, lo studio di Bazett-Jones del 2008 analizza gli effetti di un programma di stretching statico di 6 settimane sul ROM degli ischiocrurali, sull'altezza del vertical jump e sulla performance nello sprint. Le partecipanti allo studio erano atlete di varie discipline dell'atletica leggera (sprinters, ostacoliste...), divise in due gruppi: le appartenenti al gruppo sperimentale dovevano eseguire il programma di stretching degli ischiocrurali all'interno del riscaldamento, come gli era stato insegnato dai supervisori; il gruppo di controllo non doveva fare allungamento a questo particolare gruppo muscolare. Il warm-up era identico per tutte le partecipanti. All'inizio sono stati misurati il ROM degli ischiocrurali, l'altezza al vertical jump e il tempo nello sprint di 55 metri (misure poi ripetute a 3 e 6 settimane). Non sono state rilevate differenze in nessuno degli outcomes sia nel confronto tra gruppi, sia all'interno dello stesso gruppo al tempo 0 rispetto al termine delle 3 e delle 6 settimane.

3.4 Valutazione metodologica degli studi

La valutazione degli studi è stata eseguita con lo strumento RoB 2.0 e si può osservarne una sintesi in tabella 4. Come si può notare, gli studi di Amako 2003, Pope 1998 e Nelson 2001 sono di scarsa qualità. I restanti studi sono di discreta qualità.

Studio	Risk of bias due to the randomization process	Risk of bias due to deviation from intended intervention	Missing outcome data	Risk of bias in measuring of the outcome	Risk of bias in selection of the reported result	Overall risk of bias
Amako 2003	High risk	High risk	Low risk	High risk	High risk	High risk
Pope 2000	Some concerns	Some concerns	Low risk	Low risk	Some concerns	Some concerns
Pope 1998	Low risk	High risk	Some concerns	High risk	Low risk	High risk

Jamtvedt 2009	Low risk	Low risk	Low risk	Low risk	Some concerns	Some concerns
Bazett- Jones 2008	Some concerns	Low risk	Low risk	Low risk	Low risk	Some concerns
Nelson 2001	Some concerns	High risk	Some concerns	High risk	High risk	High risk
Van Mechelen 1993	Low risk	Some concerns	Low risk	Some concerns	Low risk	Some concerns

Tabella 4. Valutazione del rischio di bias con lo strumento RoB 2.0.

L'unica revisione inclusa è stata valutata con lo strumento AMSTAR 2; come si può osservare dalla tabella 5 essa è risultata di scarsa qualità metodologica e non ha incluso una metaanalisi.

	ITEMS	YES	PARTIAL YES	NO
Shrier, 2004	1	X		
	2			X
	3	X		
	4		X	
	5			X
	6			X
	7			X
	8		X	
	9			X
	10			X
	11	/	/	/
	12	/	/	/
	13			X
	14			X

	15	/	/	/
	16			X

Tabella 5. Valutazione della revisione tramite AMSTAR 2.

4. DISCUSSIONE

L'obiettivo della revisione era quello di indagare l'efficacia dello stretching sulla prevenzione degli infortuni e sul miglioramento della performance nei runners, alla luce del fatto che in letteratura sono presenti informazioni discordanti e generiche su questo argomento.

Degli 8 studi inclusi, 5 hanno indagato l'influenza dello stretching sul rischio di infortuni e 3 hanno cercato di individuare una relazione tra stretching e performance.

Prevenzione degli infortuni

Tre studi sul rischio di infortuni sono stati condotti su reclute militari, gli altri due invece su runners amatoriali; fra essi, come si può osservare dalle tabelle nella sezione risultati, due trials hanno un elevato rischio di bias, tre invece sono di discreta qualità. Di conseguenza, le evidenze estrapolate dalla presente revisione, vanno interpretati con cautela.

Sembrerebbe che lo stretching non comporti una riduzione degli infortuni in generale, come già era stato sostenuto da altri autori^{5,10,12,13,20,33,34}. Una possibile motivazione potrebbe consistere nel tipo di stress a cui le strutture muscolo-scheletriche vengono sottoposte durante la corsa: infatti come dice Witrouw nel suo studio¹² lo stretching sembrerebbe migliorare la funzione tendinea dello SSC, tuttavia per la biomeccanica della corsa i tendini non sfruttano particolarmente questa attività. Inoltre, è stato osservato che lo stretching eseguito regolarmente aumenta il range di movimento e la flessibilità dei muscoli allungati, ma ciò non ha relazione con una diminuzione del rischio di infortunio^{20,28,35}. In particolare nel running, come affermano Weerapong²⁰ e Boullosa³⁴, una maggiore flessibilità non comporta necessariamente dei benefici, poichè non si tratta di uno sport che richiede ampie escursioni articolari. Addirittura, sembrerebbe che un'eccessiva flessibilità possa alterare il pattern normale della corsa¹.

Due studi presenti nella revisione^{18,29} hanno rilevato una differenza statisticamente significativa a favore del gruppo che praticava lo stretching nel prevenire gli infortuni di tipo muscolare. Questo viene sostenuto anche nella revisione di Behm¹⁰, ma ad oggi non sono presenti evidenze che spieghino il motivo di questa capacità preventiva

dello stretching; inoltre, l'autore specifica che alcuni studi inclusi avevano rischi di bias non indifferenti. Anche Baxter¹ aveva evidenziato che in letteratura viene supportata la possibilità di ridurre l'incidenza di lesioni muscolari con lo stretching, ma egli spiega che nei long distance runners questo tipo di infortunio è meno frequente; sembra infatti che questa popolazione sia più soggetta a infortuni da sovraccarico¹⁵. Si potrebbe quindi dedurre che l'uso dell'allungamento nella prevenzione di running injuries risulta più utile nello sprint, piuttosto che nella corsa su lunghe distanze¹⁰, proprio perché in un'accelerazione viene chiesta una contrazione rapida, dove il muscolo risulta essere più a rischio di lesione.

Sono altri gli aspetti che, come si evince dalla letteratura, influenzano il rischio di infortuni. Sembrerebbe un fattore di rischio l'età: oltre allo studio di Jamtvedt²⁹ e di Pope²⁷, anche Van der Worp³⁶ sostiene che l'aumentare degli anni potrebbe aumentare la possibilità di incorrere in infortuni. Sempre questo studio afferma (con maggiore sicurezza rispetto all'informazione sull'età) che il sesso femminile è meno esposto ad infortuni. Van der Worp ha analizzato anche le abitudini di corsa e tra queste, la maggiore distanza percorsa ha una relazione con un aumentato injury risk; infine, parrebbe che la storia di un precedente infortunio sia predittiva di maggiore probabilità di incorrere in altri eventi lesivi. Lo stesso studio afferma che l'approccio più utile per la prevenzione è l'allenamento, in cui però non sono previsti esercizi di stretching. Una revisione³⁴ più recente ha riassunto i fattori di rischio per lo sviluppo di infortuni nei runners: pare che la distanza percorsa ogni settimana, la storia di un precedente infortunio, ma anche la vicinanza alle competizioni siano tra i fattori più supportati dalla letteratura.

Tra gli studi inclusi, alcuni riportavano altri aspetti che sembravano influire sulla possibilità di incorrere in infortuni: Pope²⁷ aveva trovato una significatività nella performance al 20m SRT, Jamtvedt²⁹ invece nelle credenze degli atleti riguardanti lo stretching. Non si tratta però di evidenze supportate dalla letteratura recente.

Si può quindi concludere che l'esecuzione di stretching non abbia un'influenza (né positiva, né negativa) sul rischio di infortuni nella popolazione di runners. Dagli studi inclusi sembrerebbe che potrebbe invece influire sulla prevenzione delle lesioni muscolari, ma non viene data una possibile motivazione a riguardo e questi trials risultano essere di bassa qualità metodologica.

Miglioramento della performance

Dei tre studi sull'influenza dello stretching sulla performance, uno è una revisione sistematica condotta su molti sports, gli altri due sono RCTs. Il primo di essi è stato condotto su runners amatoriali del college ed è soggetto ad elevato rischio di bias; l'altro invece ha considerato atlete sprinters, le quali hanno svolto solo stretching degli ischiocrurali. A differenza del precedente, la qualità di questo studio è risultata discreta.

Premettendo che la qualità della revisione inclusa non è buona e che c'è eterogeneità tra gli outcomes che ha considerato, da essa emerge che solo uno studio sosterebbe che lo stretching migliori la running economy, gli altri non hanno rilevato alcuna influenza sulla performance nelle lunghe distanze. Il trial di Nelson³¹ che si occupa dell'analisi del consumo di VO₂ nei runners amatoriali ha rilevato che non c'è differenza tra chi aveva praticato stretching regolarmente nelle 10 settimane di durata dello studio e chi invece si era astenuto dal farlo. Queste evidenze sono compatibili con quanto sostenuto da alcuni studi condotti in passato, ma la letteratura afferma che sembrerebbe più probabile un peggioramento della running economy dopo lo stretching, sia quando eseguito appena prima dell'attività, sia se eseguito regolarmente^{1,10,20}. Questo effetto si può ricondurre al fatto che l'allungamento eseguito prima di uno sport di resistenza parrebbe ridurre la rigidità fisiologica dell'unità muscolotendinea¹, la quale sembra una caratteristica importante per gli sport come la corsa su lunghe distanze. L'allungamento praticato abitualmente, sempre poiché riduce la rigidità, inficia la possibilità di produrre forza e di conseguenza riduce l'efficienza meccanica della parte inferiore del corpo, aumentando la richiesta di ossigeno globale¹.

Sempre dalla revisione inclusa non sembra che l'allungamento abbia un'efficacia sull'aumento della velocità. Anche il lavoro di Bazet-Jones non ha rilevato differenze nella velocità di percorrenza dei 50 m da parte delle atlete agoniste che sono considerate nello studio. Questi risultati sono in linea con altre evidenze sullo stretching statico già presenti in letteratura¹⁰, mentre altri studi hanno riportato che lo stretching prima di un'attività di sprint potrebbe compromettere la performance dell'atleta^{4,9,37,38}. La spiegazione potrebbe essere ricondotta nuovamente alla riduzione della rigidità dell'unità muscolo-tendinea, come detto per la prestazione nelle lunghe distanze, ma anche alla cosiddetta "inibizione neurologica", che

porterebbe a una riduzione dell'attivazione neuromuscolare o della risposta riflessa^{10,37}. Le evidenze affermano con maggiore certezza che lo stretching di tipo statico influenzi negativamente lo sprint, mentre è ancora in dubbio se quello di tipo dinamico e la PNF possano essere d'aiuto in questo tipo di attività^{4,39,40}.

In generale, si è visto che il warm-up rappresenterebbe una strategia più valida per quanto riguarda la prevenzione degli infortuni e il miglioramento della prestazione¹⁵, tuttavia gli studi presenti in letteratura non garantiscono sufficiente chiarezza sull'argomento. Le evidenze sostengono invece con più certezza che l'allenamento deve essere il più possibile programmato sulle richieste funzionali e i gesti atletici di ciascuno sport^{1,9,20}.

4.1 Limiti dello studio

La revisione presenta alcuni limiti, primariamente la ricerca è stata condotta solo su banche dati online, escludendo quindi la possibilità di rilevare articoli pertinenti da fonti cartacee e letteratura grigia; inoltre sono stati inclusi solo studi in lingua inglese. Questi criteri hanno portato a considerare solamente 8 studi (di cui una revisione) eterogenei tra loro, soprattutto per gli outcomes che analizzavano.

Un ulteriore limite consiste nella mancanza di articoli, in letteratura, che abbiano valutato la PNF o lo stretching dinamico, rispettando i criteri di inclusione della revisione. A causa dell'eterogeneità non è stata condotta una meta-analisi dei risultati, ma solo una metasintesi. Attraverso la valutazione metodologica, è stato evidenziato che 3 RCTs e la revisione avevano elevato rischio di bias, i restanti 4 RCTs erano di modesta qualità; si segnala poi la scarsa numerosità campionaria di alcuni studi e il non utilizzo dell'intention-to-treat in alcuni degli articoli con soggetti persi ai follow-up.

Infine, la revisione ha seguito parzialmente la checklist del PRISMA Statement e non è stato registrato un protocollo di ricerca.

5. CONCLUSIONI

In conclusione, la revisione suggerisce che lo stretching nel riscaldamento o eseguito regolarmente in allenamento non influenzi il rischio di infortuni nei runners, a parte, secondo due studi, nel caso di lesioni muscolari. Su quest'ultimo argomento c'è discordanza in letteratura e comunque viene sottolineato che gli infortuni più frequenti nei runners non sono quelli di tipo muscolare ma da sovraccarico, che l'allungamento non sembra prevenire.

Per quanto concerne la performance, dalla revisione condotta sembrerebbe che lo stretching non influisca sulla velocità di sprint o sulla resistenza allo sforzo durante la corsa su lunghe distanze. I risultati però sono in contrasto con quanto è supportato dalla letteratura, cioè che l'allungamento possa inficiare entrambi i tipi di prestazione. Lo stretching statico abitualmente eseguito consente di migliorare la flessibilità, ma le evidenze hanno rilevato che ciò non va a migliorare le performance di chi corre su lunghe o brevi distanze, dal momento che la corsa non è uno sport in cui l'unità muscolo-tendinea viene particolarmente allungata.

Implicazioni per la ricerca

Gli studi inclusi nella revisione non consentono di fornire evidenze solide ed indicazioni certe, a causa della loro scarsa o moderata validità metodologica e dell'eterogeneità. Gli articoli infatti considerano popolazioni differenti, analizzano gli outcomes con strumenti di misura diversi e sfruttano protocolli di stretching statico non analoghi tra loro.

In futuro sarebbe opportuno valutare l'efficacia dello stretching con RCT che applichino lo stesso protocollo di stretching, in termini di secondi, frequenza, intensità e che utilizzino le stesse misure di outcome. Inoltre, sarebbe opportuno indagare l'efficacia anche di tipologie di stretching differenti dallo statico, in modo tale di verificare se esse abbiano un impatto differente nei runners.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Baxter C, Mc Naughton LR, Sparks A et al. Impact of stretching on the performance and injury of long-distance runners. *Res Sports Med.* 2017; 25: 78-90
2. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagard P et al. Mechanical and physiological responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996; 77: 373-8
3. Apostolopoulos N, Metsios GS, Flouris AD et al. The relevance of stretch intensity and position—a systematic review. *Front Psychol.* 2015; 6: 1128
4. Page P. Current concepts in muscular stretching for exercises and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther.* 2012; 7: 109-119
5. Shrier I. Does stretching help prevent injuries?. *Evidence-based sports medicine*, second edition. 2007, Blackwell publishing
6. Weppler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Phys Ther.* 2010; 90: 438-49
7. Da Costa B, Vieira ER. Stretching to reduce work-related musculoskeletal disorders: a systematic review. *J Rehabil Med.* 2008; 40: 321-8
8. Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physioter Theory Pract.* 2016; 32: 438-445
9. Medeiros DM, Lima CS. Influence of chronic stretching on muscle performance: Systematic review. *Hum Mov Shi.* 2017; 54: 220-229
10. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016; 41: 1-11
11. Turner AN, Jeffreys I. The stretch shortening cycle: proposed mechanism and methods for enhancement. *Strenght and conditioning journal.* 2010; 32: 88-99
12. Witrvouw E, Maiheu N, Danneels L, McNair P. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.* 2004; 34: 443-9
13. Lewis J. A systematic literature review of the relationship between stretching and athletic injury prevention. *Orthop Nurs.* 2014; 33: 312-20

14. Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med.* 2004; 14: 267-73
15. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20: 169-81
16. Woods K, Bishop P, Jones E. Warm-Up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med.* 2007; 37: 1089-99
17. Cronin J, Nash M, Whatman C. The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Phys Ther Sport.* 2008; 9: 89-96
18. Amako M, Oda T, Masuoka K, et al. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med.* 2003; 168: 442-6
19. Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Baltimore: Lippincot Williams Wilkins; 2006
20. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. Stretching: mechanisms and benefits for sport performance and injury prevention. *Physical Therapy reviews.* 2004; 9: 189-206
21. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The relation between stretching typology and stretching duration: the effects on range of motion. *Int J Sport Med.* 2018; 39: 243-254
22. Paradisis GP, Pappas PT, Theodorou AS et al. Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *The Journal of Strenght and conditioning research.* 2013; 28: 154-160
23. Kay AD, Blazeovich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44: 154-64
24. Lopes AD, Hespanhol Júnior LC, Yeung SS, Costa LO. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. *Sports Med.* 2012; 42: 891-905
25. Yamato TP, Tirotti Saragiotto B, Dias Lopes A. A consensus definition of running-related injury in recreational runners: a modified Delphi approach. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015; 45: 375-80
26. Kluitenberg B, van Middelkoop M, Diercks R, van der Worp H. What are the differences in injury proportions between different populations of runners? A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015; 45: 1143-1161

27. Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32:271-7
28. Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD. Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in Army recruits. *Aust J Physioterap.* 1998; 44: 165-172
29. Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S et al. A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br J Sports Med.* 2010; 44: 1002-9.
30. Bazett-Jones DM, Gibson MH, McBride JM. Sprint and vertical jump performances are not affected by six weeks of static hamstring stretching. *J Strength Cond Res.* 2008; 22: 25-31
31. Nelson AG, Kokkonen J, Eldredge C et al. Chronic stretching and running economy. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11: 260-5
32. Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *Am J Sports Med.* 1993; 21: 711-9
33. Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ.* 2002; 325: 468.
34. Boullosa D, Esteve-Lanao J, Casado A et al. Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runners. *Sports (Basel).* 2020; 8: 35.
35. Ingraham SG. The role of flexibility in injury prevention and athletic performance: have we stretched the truth? *Minn Med.* 2003; 86: 48-61.
36. Van der Worp MP, Ten Haaf DSM, Van Cingel R. et al. Injuries in Runners; A Systematic Review on Risk Factors and Sex Differences. *PLoS One.* 2015; 10: e0114937.
37. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physio.* 2011; 111: 2633-51
38. Nuzzo JL. The Case for Retiring Flexibility as a Major Component of Physical Fitness. *Sports Med.* 2020; 50: 853-870.
39. Haddad M, Prince MS, Zarrouk N et al. Dynamic stretching alone can impair slower velocity isokinetic performance of young male handball players for at least 24 hours. *PLoS One.* 2019; 14(1):e0210318.

40. Opplert J, Babault N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. *Sports Med.* 2018; 48:299-325

6.1 SITOGRAFIA

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

<https://pedro.org.au/italian/>

<https://www.cochranelibrary.com/>

<https://www.zotero.org/>

<https://www.riskofbias.info/welcome/rob-2-0-tool/current-version-of-rob-2>

<https://amstar.ca/docs/AMSTAR-2.pdf>

7. APPENDICE

Studi esclusi, anche se affrontavano l'argomento della revisione, perché di tipo cross-over:

Allison SJ, Bailey DM, Folland JP. Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function. 2008

Damasceno M, Duarte M, Pasqua LA et al. Static Stretching Alters Neuromuscular Function and Pacing Strategy, but Not Performance during a 3-Km Running Time-Trial. 2014

Fletcher IM, Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. 2007

Hayes PR, Walker A. Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. 2007

Kistler BM, Walsh MS, Horn TS et al. The acute effects of static stretching on the sprint performance of collegiate men in the 60- and 100-m dash after a dynamic warm-up. 2010

Mojock CD, Kim JS, Eccles DW et al. The effects of static stretching on running economy and endurance performance in female distance runners during treadmill running. 2011

Wilson JM, Hornbuckle LM, Kim JS. Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. 2010

Zourdos MC, Wilson JM, Sommer BA et al. Effect of dynamic stretching on energy cost and running endurance performance in trained male runners. 2012

8. ALLEGATI

PRISMA Statement (Preferred Items for Systematic Reviews and Meta-analyses)

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I^2) for each meta-analysis.	

Page 1 of 2

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	

From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit: www.prisma-statement.org.

9. ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1. Tratta da “Page P. Current concepts in muscolar stretching for exercises and rehabilitation. Int J Sports Phys Ther. 2012; 7: 109-119”

Figura 2 e 3. Tratte da “Weppeler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? Phys Ther. 2010; 90: 438-49”

Figura 4. Diagramma di selezione degli studi.