



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA



## **Università degli Studi di Genova**

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

### **Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici**

A.A. 2022/2023

Campus Universitario di Savona

# **TRAIL RUNNING INJURY RISK FACTORS: Systematic Review**

Candidato:

Dott. FT Simone Cosentino

Relatore:

Dott. FT. OMPT Marco Curotti

## Sommario

ABSTRACT .....	3
1. INTRODUZIONE.....	4
2. MATERIALI E METODI .....	6
2.1 Obiettivo .....	6
2.2 Protocollo e registrazione.....	6
2.3 Criteri di eleggibilità.....	6
2.4 Fonti di informazione .....	6
2.5 Strategia di ricerca.....	7
2.5.1 Parole chiave con operatori Booleani .....	7
2.5.2 Parole chiave .....	8
2.6 Processo di selezione.....	8
2.7 Processo di raccolta dei dati.....	9
2.8 Valutazione del rischio di bias .....	9
3. RISULTATI.....	10
3.1 Selezione degli studi .....	10
3.2 Caratteristiche dello studio .....	11
3.3 Fattori di rischio e distanza del trail .....	11
3.4 Risk of bias negli studi .....	12
3.5 Risultati dei singoli studi.....	13
3.6 Risultati delle sintesi.....	15
4. DISCUSSIONE .....	17
5. LIMITAZIONI.....	22
6. CONCLUSIONI .....	22
7. BIBLIOGRAFIA .....	24

## **ABSTRACT**

**Titolo:** Trail running injury risk factors: systematic review.

**Background:** l'obiettivo di questa revisione è quella di indagare quali sono i fattori di rischio per sviluppare infortuni negli atleti che praticano il trail running in modo da poter offrire un eventuale strumento di prevenzione degli infortuni.

**Metodi:** in questa revisione sono stati inclusi studi che indagano esclusivamente fattori di rischio di infortuni nel trail running. La ricerca è stata eseguita tra luglio 2022 e aprile 2023 all'interno dei database Pubmed, Cochrane Library e Scopus. Sono stati indagati studi di coorte, studi caso controllo e revisioni sistematiche di studi osservazionali. Non sono state applicate restrizioni relative all'anno di pubblicazione.

**Risultati:** sono stati inclusi dieci studi per un totale di 5.271 partecipanti. Quattro studi hanno indagato i fattori di rischio durante una competizione di ultramaratona. Sei studi hanno indagato sia gare che abitudini di allenamento. Effettuare lavori manuali, essere runner esperti con più di sei anni di esperienza, una storia di infortuni legati alla corsa, non effettuare riscaldamento prima della corsa, un minor tempo di esposizione alla corsa e avere una malattia cronica sono fattori di rischio per lo sviluppo di infortuni muscoloscheletrici. In gare multi-stage, sesso femminile, peso inferiore dello zaino e maggior percentuale di peso corporeo perso durante la gara sono fattori di rischio per sviluppo di danno renale acuto, inoltre sesso ed età sono fattori di rischio per disordini della pelle o infortuni muscoloscheletrici. Competere su lunghe distanze, un maggior Chronic Disease Composit Score e storia di allergie sono fattori di rischio per insorgenza graduale di infortuni legati alla corsa. Una storia precedente di crampi, livelli maggiori di azoto ureico e di creatinichinasi nel sangue sono fattori di rischio per lo sviluppo di crampi muscolari. Giovane età, essere single, separato/a o vedovo/a, allenarsi per più di tre ore al giorno ed utilizzare l'ombra come protezione dai raggi del sole sono fattori di rischio per le scottature solari.

**Conclusioni:** la natura degli infortuni nel trail running è spesso multifattoriale, oltre agli aspetti meccanici è necessario tenere in considerazione gli aspetti biologici e le abitudini degli sportivi che praticano questa disciplina. Ulteriori studi di alta qualità saranno necessari per una maggior comprensione dei fattori di rischio nel trail running.

## 1. INTRODUZIONE

L'attività fisica è di fondamentale importanza per il benessere psicofisico dell'uomo. La corsa è una delle attività fisiche con il miglior rapporto costo-efficacia ed è in grado di ridurre la probabilità di morte per tutte le cause. (1) Nonostante i numerosi benefici apportati alla salute dall'attività fisica e in particolar modo dalla corsa, quest'ultima non è esente dal rischio di infortuni. (2), (3), (4) Il trail running è un'attività fisica che prevede il correre all'aperto su diversi tipi di terreni naturali (sentieri, strade sterrate ecc.) in vari ambienti (montagne, foreste, pianure, deserti ecc.); negli anni il trail running è divenuto sempre più popolare, si stima che attualmente ci siano oltre 20 milioni di trail-runner in tutto il mondo. Nel 2013 viene fondata l'International Trail Running Association (ITRA), con l'obiettivo di promuovere il trail running nel mondo ed il rispetto della sicurezza e della salute dei corridori e nel rispetto dell'ambiente. Nel 2015 il trail running è stato riconosciuto da World Athletics come disciplina dell'atletica leggera. L'ITRA ha sviluppato un criterio per valutare e certificare i percorsi. Viene assegnato un punteggio che fornisce una valutazione della difficoltà della gara che va da 0 a 6 punti (ITRA-points) in base a distanza (1km = 1km effort) e al dislivello (+100 metri verticali = 1 km effort) (5). Secondo l'ITRA le competizioni possono prevedere tratti pavimentati o asfaltati che però non devono superare il 20% della distanza totale. Spesso il trail running prevede distanze e dislivelli importanti, inoltre gli eventi di trail running possono differire molto tra di loro sia per quanto riguarda le distanze che per quanto riguarda il dislivello (sia positivo che negativo). Si va da distanze di pochi chilometri con dislivelli di poche centinaia di metri, fino a gare di ultra trail di oltre 300 chilometri con oltre 10.000 metri di dislivello, sia positivo che negativo. Quando le corse si svolgono in ambiente montano, toccando almeno i 2000 m di quota, su percorsi vari con difficoltà alpinistiche non superiori al II° grado e tratti con pendenza maggiore del 30%, si parla di skyrunning. (6) Alcuni studi riportano una prevalenza di infortuni legati alla corsa, nei trail runner, del 22.4% con un tasso di infortunio pari a 10.7 per 1000h (10.7 infortuni ogni 1000h) di attività ed una prevalenza maggiore per gli infortuni da sovraccarico (17.7%) rispetto a quelli acuti (4.1%) (7). Altri studi ancora riportano un tasso di infortunio per eventi che prevedono vari stage del 7.2 / 1000h con interessamento principale della gamba (35%), della caviglia (16.8%) del ginocchio (13.1%) e del piede (12.6%), con prevalenza della diagnosi di medial tibial stress syndrome (sindrome da stress della tibia mediale) nel 30.1% dei casi e di patellofemoral pain syndrome (sindrome femoro rotulea) nel 7.2% dei casi (8). Altri studi ancora riportano un tasso di infortunio di 19.8 ogni 1000h di attività e una prevalenza di infortunio legati alla corsa del 12.3% in trail runner sudafricani. La parte anatomica più colpita risulta essere ancora una volta l'arto inferiore (82.9 %),

in particolare ginocchio (29.8%), gamba (18%) e piede (13.7%). Per quanto riguarda i fattori di rischio di sviluppare un infortunio correlato alla corsa nel trail running, la letteratura è ancora piuttosto scarsa. Una storia di infortuni legati alla corsa nei 12 mesi precedenti e avere una malattia cronica sono fattori di rischio indipendenti per sviluppare un infortunio correlato alla corsa nei trail runner. (9) Qualche studio individua fattori intrinseci ed estrinseci. I fattori intrinseci associati ad infortunio sono: maggiore esperienza nella corsa, essere runner di alto livello e uno score maggiore al questionario sulla propensione agli infortuni sportivi (PAD-22). Alcuni autori identificano come infortuni anche crampi e bruciature della pelle. Fattori di rischio per crampi sono una storia precedente di crampi e aumento dei biomarcatori indice di danno muscolare nel post gara mentre giovane età e fototipo di pelle chiara sono associati a bruciature della pelle. Per quanto riguarda i fattori estrinseci invece troviamo il mancato riscaldamento, l'assenza di un piano di allenamento specializzato, allenamento su asfalto, doppio allenamento giornaliero e un'occupazione lavorativa che prevede lavori fisici. Inoltre, un passo di gara basso è associato a crampi mentre allenarsi per più di tre ore al giorno, utilizzare le zone di ombra come unica protezione dal sole ed essere single sono associati a scottatura solare. In questo studio l'incidenza di infortuni riportata è tra 0.7-61.2 / 1000h con una prevalenza tra 1.3 e 90%. Anche in questo caso l'arto inferiore è la parte anatomica più coinvolta (10). Specialmente i runner di alto livello possono avere un rischio maggiore di sviluppare infortuni rispetto ai neofiti, soprattutto alla zona lombare e alla fascia plantare. Tuttavia, allenarsi in montagna e seguire un programma di allenamento viene raccomandato per ridurre il rischio di infortuni. (11)

Carel et al. (10) individua dei fattori di rischio indipendenti su gare di trail running di breve durata, che potrebbero predire degli infortuni correlati alla corsa ad insorgenza graduale. Tra i 2824 partecipanti allo studio, il 13% riporta di avere avuto un infortunio nell'anno precedente alla gara, tra i fattori di rischio troviamo la partecipazione a gare lunghe, malattie croniche e storia di allergie. Anche in questo caso l'arto inferiore è la zona anatomica più colpita con sindrome della bandelletta (22%), la lesione del tendine d'Achille (10%) e la lesione dei flessori del ginocchio (hamstring) (9%).

Un altro studio invece indaga i fattori di rischio per lo sviluppo di iponatriemia in partecipanti di una gara di trail di 160 km, individuando come potenziali fattori di rischio la temperatura (alta), il sesso (nelle femmine il rischio è maggiore), correre a lungo ed idratazione eccessiva. (12)

Lo scopo di questo studio è indagare tramite una revisione sistematica della letteratura quali sono i fattori di rischio per quanto riguarda gli infortuni nel trail running, in modo da poter cercare di ridurre l'incidenza degli infortuni stessi mediante un programma di prevenzione.

## **2. MATERIALI E METODI**

### **2.1 Obiettivo**

Lo scopo di questa revisione sistematica di studi osservazionali è di identificare quali sono i fattori di rischio di infortunio negli atleti che praticano il trail running.

### **2.2 Protocollo e registrazione**

Il protocollo della revisione verrà stilato seguendo le linee guida PERSiST che integra il PRISMA-P 2020 Statement (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols)

### **2.3 Criteri di eleggibilità**

Considerando l'obiettivo e quindi il quesito clinico della revisione, verranno indagati gli studi con i seguenti criteri di inclusione:

- *Tipi di studio:* studi di coorte (Cohort studies), studi caso-controllo (Case control), revisioni sistematiche di studi osservazionali. Non verranno applicate restrizioni relative all'anno di pubblicazione, si cercheranno studi in lingua inglese, italiana e tedesca.
- *Tipi di partecipanti:* la popolazione di questo studio è rappresentato da atleti che praticano la corsa in montagna o "trail running". I requisiti che identificano un'attività come trail running sono definiti dall' ITRA (International Trail running Association). Saranno quindi selezionati studi in cui i soggetti partecipano a gare di trail running o si allenano su percorsi di trail running. Saranno considerati studi aventi come partecipanti soggetti di tutte le nazionalità, sesso ed età. Verranno esclusi quegli studi in cui non è chiaro se l'attività effettuata fosse trail running o corsa su strada o corsa campestre (cross).
- *Tipi di misurazione degli outcome:* saranno considerati studi che identificano fattori che inducono un rischio di infortunio in chi pratica trail running e verranno presi in considerazione tutti i tipi di infortuni, muscolo scheletrici e non muscolo scheletrici.

### **2.4 Fonti di informazione**

La ricerca verrà eseguita tra luglio 2022 e aprile 2023 all'interno dei seguenti database:

- Pubmed
- Cochrane Library
- Scopus

Saranno inoltre indagate le bibliografie di revisioni sistematiche in modo assicurarsi di non perdere studi validi.

## 2.5 Strategia di ricerca

Il quesito clinico seguirà la seguente strategia di ricerca secondo il modello PECO(T):

Population: trail runners

Exposure: trail runner esposti al fattore di rischio

Comparison: trail runner non esposti al fattore di rischio

Outcome: infortunio

(T): giorno in cui viene lanciata la ricerca

Saranno ricercate sia le singole parole di testo nel titolo e abstract, sia i termini MeSH (Medical Subject Headings) per quanto riguarda Medline-PubMed

Verranno ricercate le seguenti parole chiave e create le seguenti stringhe:

Parole chiave: Injury, trail running, ultra-trail, trail run, trial running, ultramarathon, ultra-marathon, off-road running, risk factors, ultra-trail, mountain run, injurie, wounds, and injury (MeSH).

### 2.5.1 Parole chiave con operatori Booleani

1. "Trail running" OR "ultra trail" OR "trail run" OR "trial running" OR "ultramarathon" OR "ultra marathon" OR "off road running"
2. "injury" OR "injurie" OR "injuries" OR "wound and injury" (MeSH)
3. "Risk factors"

La stringa di ricerca finale, comprendente di operatori booleani AND e OR sarà la seguente:

("trail running" OR "trail run" OR "trial running" OR "ultra trail" OR "ultra marathon" OR "ultramarathon" OR "off road running" OR "mountain run" OR "skyrunning" OR "skyrace") AND (injury OR injuries OR "wound and injury" OR "running-related injur\*") AND (risk factor)

Per il database Scopus, saranno ricercate anche le singole parole di testo nel titolo e abstract.

### **2.5.2 Parole chiave**

trail running, mountain running, ultra, trial running, risk factors.

Parole chiave con operatori booleani:

1." Trail running" OR "Mountain running" OR "ultra" OR "Trial running".

2." Risk factors"

Stringa di ricerca finale:

"Trail running" OR "Mountain running" OR "ultra" OR "trial running" AND "Risk factors".

### **2.6 Processo di selezione**

La selezione degli studi sarà effettuata da un unico revisore, in questa sequenza:

- valutazione dei titoli selezionati, con esclusione dei doppi.
- valutazione degli abstract di tutti gli articoli identificati per verificare la corrispondenza ai criteri di ricerca.
- analisi e valutazione delle bibliografie di precedenti revisioni sistematiche.
- recupero degli articoli full-text che soddisfano criteri desiderati. Nel caso in cui il full-text non fosse disponibile, verrà inviata un'e-mail all'autore richiedendo il full-text dell'articolo in questione.
- Inseriremo anche le cross reference, ovvero quegli articoli intercettati dalla lettura degli articoli individuati che la nostra ricerca non ha, però, trovato.
- nel caso di dubbi sull'inclusione di articoli verrà interpellato un secondo revisore.

## **2.7 Processo di raccolta dei dati**

I dati verranno raccolti da un unico revisore e raggruppati successivamente in tabelle mediante l'utilizzo del software Microsoft Excel; saranno poi estratti seguendo un modello standardizzato che raccoglierà i seguenti dati:

Autori e anno di pubblicazione

Tipo di attività (allenamento, gara)

Caratteristiche dei partecipanti (sesso, età)

Fattori di rischio dell'infortunio (localizzazione, tipo di infortunio)

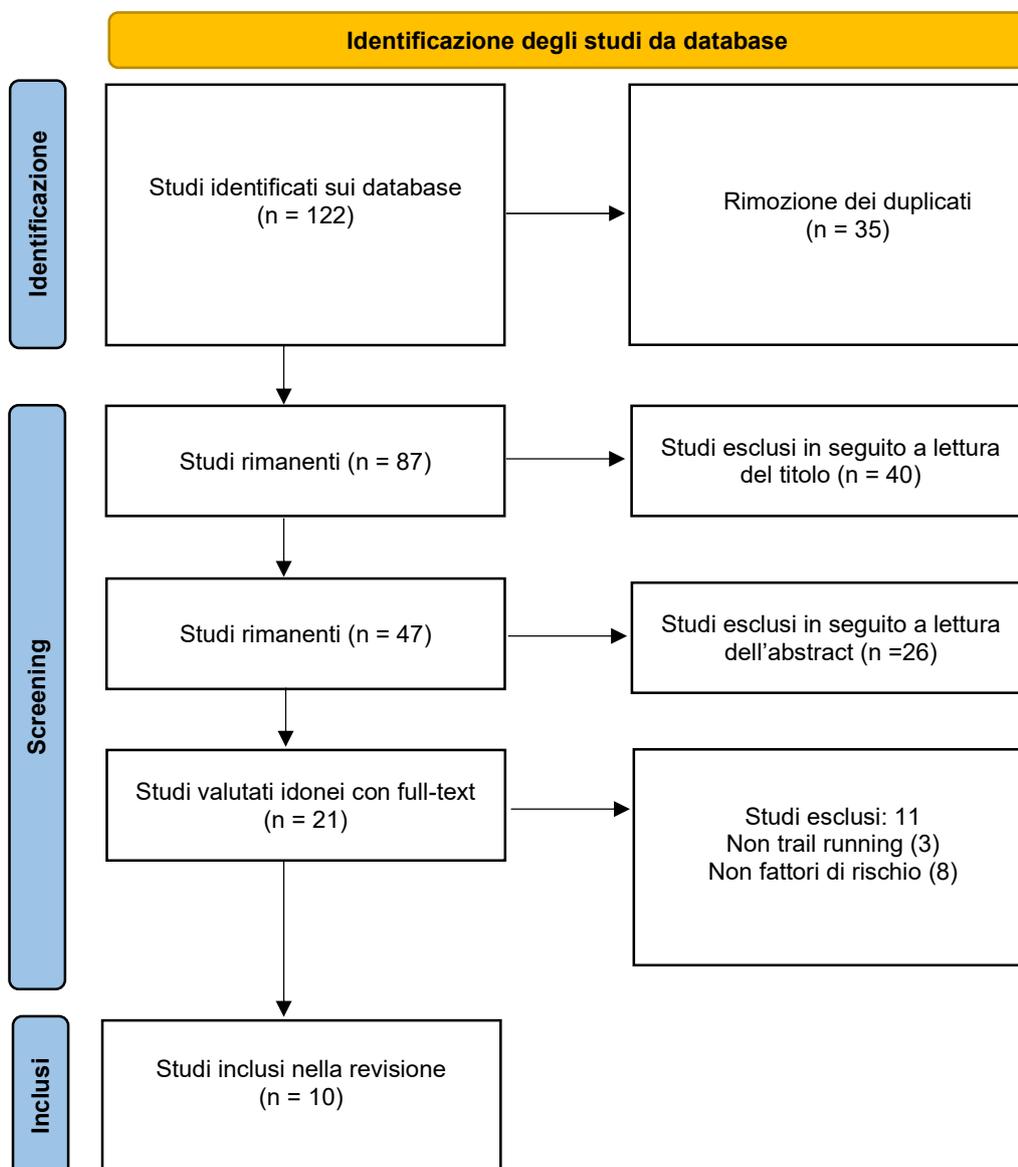
## **2.8 Valutazione del rischio di bias**

Per la valutazione del rischio di bias verrà utilizzato lo strumento ROBINS-E (Risk Of Bias In Non-randomized Studies - of Exposure) in quanto garantisce un approccio per la valutazione del "risk of bias" in studi osservazionali che esaminano un potenziale effetto esposizione-outcome.

### 3. RISULTATI

#### 3.1 Selezione degli studi

La ricerca ha prodotto 122 records di cui 35 duplicati; dopo aver esaminato il titolo e l'abstract degli articoli abbiamo individuato 21 articoli full-text da includere potenzialmente nella nostra ricerca, infine sono stati selezionati ed inclusi 10 articoli che rispecchiano i criteri di inclusione della nostra revisione. La maggior parte degli studi sono stati esclusi perché non indagavano fattori di rischio o perché la popolazione apparteneva alla categoria "runner" e non "trail runner".



### **3.2 Caratteristiche dello studio**

Dieci articoli sono stati inclusi nella sintesi ed hanno un range di pubblicazione 2011-2021. Quattro studi hanno indagato i fattori di rischio durante una competizione di ultramaratona (13), (14), (15), (16), gli altri studi indagavano sia gare (da 10km fino ultramaratone multi-stage da 250km) che abitudini di allenamento. (11), (17), (18), (19), (20), (21) In totale il numero di partecipanti è stato di 5271, con una percentuale di maschi pari a 61.4% (n=3217) e di donne pari a 33.7% (n=1774), in uno studio (14) che comprende il 5% (n=280) dei partecipanti totali della revisione, non è stato esplicitato il sesso dei partecipanti stessi. L'età media dei partecipanti varia in un range compreso tra 36 – 40 anni, il range di età tra i partecipanti varia da 16 – 71 anni, anche se il range di età è stato riportato solamente in tre studi. (11), (19), (15) Dei dieci studi inclusi quattro sono di tipo cross-sectional (11), (18), (15), (20), cinque sono studi di coorte prospettici (17), (13), (14), (16), (21) ed uno studio di coorte retrospettivo. (19)

### **3.3 Fattori di rischio e distanza del trail**

Solo uno studio ha indagato i fattori di rischio inerenti a trail runner che partecipano a gare corte (in questo caso 10 e 21 km), in questo articolo i fattori di rischio identificati per un infortunio legato alla corsa ad insorgenza graduale sono stati: una maggiore distanza di corsa, Chronic Composit Score maggiore e storia di allergia. (18)

Nelle ultramaratone, gare quindi che si sviluppano per una distanza superiore a quella di una maratona, sono stati indagati fattori di rischio per infortuni muscoloscheletrici in generale e specifici per crampi muscolari. Svolgere un lavoro manuale, allenarsi su superfici sintetiche come l'asfalto e avere una esperienza di corsa superiore a sei anni, sono fattori di rischio per sviluppare infortuni muscoloscheletrici. Il rischio di sviluppare crampi invece risulta aumentato in chi ha già avuto una storia di crampi durante un'ultramaratona ed in coloro in cui sono presenti segni di danno e/o fatica muscolare (creatinchinasi aumentate). (11), (14)

In gare di ultramaratone multi-stage, sono stati indagati infortuni muscoloscheletrici, vesciche e danno renale acuto. Il rischio di incorrere in infortuni muscoloscheletrici risulta aumentato in trail runner di giovane età e di sesso femminile; il rischio invece di sviluppare vesciche risulta aumentato in chi non ha esperienza di precedente ultramaratona. Sesso femminile, zaino più leggero, perdita di peso maggiore durante la competizione sono fattori di rischio per lo sviluppo di danno renale acuto. (16), (15), (13)

Negli studi in cui i partecipanti comprendono sia trail runner che svolgono gare corte sia trail runner che partecipano ad ultramaratone, i fattori di rischio identificati per sviluppo di un infortunio muscoloscheletrico sono: storia di infortunio legato alla corsa nei 12 mesi precedenti, malattia cronica (ipercolesterolemia, asma, ipotiroidismo, diabete), aumento dei carichi di allenamento e assenza di una routine di riscaldamento. I fattori di rischio invece di sviluppare una scottatura solare sono: giovane età, fenotipo di pelle Fitzpatrick I-II, essere single, separato o vedovo, allenarsi per più di tre ore al giorno, utilizzare l'ombra come riparo dal sole. (21), (19), (20)

### 3.4 Risk of bias negli studi

Il risk of bias di ogni studio è stato valutato mediante ROBINS-E, è stato utilizzato lo strumento ROBVIS da cui è stata estratta la seguente tabella contenente la valutazione del risk of bias per ogni studio. In due studi il risk of bias è stato valutato come basso (13), (16), in sei come medio (17), (14), (19), (15), (20), (21) e in due come alto. (11), (18)

Study	Risk of bias domains							Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
Malliaropoulos et al. (2015)	+	-	-	?	-	X	X	X
Viljoen et al. (2021)	-	-	-	?	-	-	-	-
Lipman et al. (2016)	+	+	+	?	+	+	+	+
Viljoen, Sewry et al. (2021)	-	X	-	?	+	X	X	X
Hoffman et al. (2015)	-	+	+	?	+	-	+	-
Krabak et al. (2011)	+	+	+	?	+	+	-	-
García-Maliniš et al. (2020)	-	+	-	?	+	+	+	-
Volker Scheer et al. (2014)	+	+	+	?	+	+	+	+
Matos et al. (2020)	-	+	+	?	+	-	+	-
Matos, Silva et al. (2020)	-	-	-	?	+	-	+	-

**Domains:**

- D1: Bias due to confounding.
- D2: Bias arising from measurement of the exposure.
- D3: Bias in selection of participants into the study (or into the analysis).
- D4: Bias due to post-exposure interventions.
- D5: Bias due to missing data.
- D6: Bias arising from measurement of the outcome.
- D7: Bias in selection of the reported result.

**Judgement**

- X High
- Some concerns
- +
- ?

### 3.5 Risultati dei singoli studi

I risultati dei singoli studi sono stati raggruppati nella seguente tabella.

Autore	Tipo di studio	Infortunio e tipo di prestazione	Partecipanti	Raccolta dati	Risultati - fattori di rischio	Qualità - Risk of bias
Malliaropoulos et al. (2015)	Cross-sectional	Infortuni muscoloscheletrici - Ultratrail	40	Questionario epidemiologico	Rischio di infortunio aumentato in: lavoratori manuali, allenarsi su superfici sintetiche (asfalto), runner esperti > 6 anni, doppia sessione di allenamento al giorno	High
Viljoen et al. (2021)	Prospective observational cohort study	Infortuni muscoloscheletrici - Trail running	152	Oslo Sports Trauma Research Center Questionnaire for Health Problems (OSTRC-H) ogni 2 settimane per 30 settimane	Rischio di infortunio aumentato: storia di RRI nei 12 mesi precedenti e malattia cronica (ipercolesterolemia, asma, ipotiroidismo, diabete)	Some concerns
Lipman et al. (2016)	Prospective observational cohort study	AKI - Acute Kidney Injury (danno renale acuto) - Ultramaratona di 250km	128	Prelievo ematico e controllo del peso: Stage 1 (40km), stage 3 (120km), stage 5 (225km)	Rischio di AKI aumentato: sesso femminile, zaino più leggero e maggior perdita di peso	Some concerns
Viljoen et al. (2021)	Cross sectional study	Infortuni legati alla corsa ad insorgenza graduale (GORRIs) - Gare trail running 10 - 22 Km	2824	Questionario autocompilato	Rischio di GORRIs aumentato: distanza di corsa maggiore, Chronic Disease Composit Score maggiore, storia di allergia	High

Hoffman et al. (2015)	Observational study (prospective)	Crampi muscolari - Ultramaratona di 161 km	280	Questionario e prelievo ematico al termine della gara	Rischio di crampi aumentato: storia di crampi o quasi crampi in una precedente ultramaratona e segni di danno - fatica muscolare maggiore (CK)	Some concerns
Krabak et al. (2011)	Cross-sectional survey	Infortuni in generale - Ultramaratona multistage	396	Questionario compilato da personale medico	Rischio di infortunio aumentato: sesso femminile e giovane età. Fattori protettivi: aumentare età (10 anni)	Low
García-Malinis et al. (2020)	Cross-sectional survey	Disturbi dermatologici della pelle (scottature) - Evento di trail: da gare corte a ultramaratona	657	Questionario autocompilato	Rischio di scottatura aumentato: giovane età, fenotipo Fitzpatrick basso (I-II), essere single, separato o vedovo ed allenarsi per più di 3 ore al giorno, utilizzare l'ombra come protezione dal sole	Some concerns
Volker Scheer et al. (2014)	Cohort prospective study	Vesciche - Ultramaratona multistage	50	Intervista diretta dopo ogni stage e vesciche ispezionate da team di esperti	Rischio di vesciche aumentato: assenza di precedente esperienza di UM (partecipazione ad almeno 1 UM)	Low

Matos et al. (2020)	Cohort prospective study	Infartuni muscoloscheletrici - Portugese Trail running championship	25	Questionario autosomministrato	Rischio di infortunio aumentato: carico di lavoro acuto, cronico, monotonia dell'allenamento, e sforzo dell'allenamento (sRPE), distanza totale, tempo di allenamento, nelle 3 settimane precedenti l'infortunio	Some concerns
Matos et al. (2020)	Cross sectional (retrospective)	Infartuni dermatologici e muscoloscheletrici - Trail running	719	Questionario retrospettivo sui 12 mesi precedenti	Rischio di infortunio aumentato: assenza di riscaldamento	Some concerns

### 3.6 Risultati delle sintesi

Dalla Revisione degli studi inclusi si evince che effettuare lavori manuali che richiedono impegno fisico ( $p = 0.058$ ), essere runner esperti (più di 6 anni di esperienza) ( $p = 0.001$ ) sono fattori di rischio per sviluppare un infortunio muscoloscheletrico; allenarsi in montagna ( $p = 0.0004$ ) e non su superfici sintetiche (asfalto) e seguire un piano di allenamento personalizzato ( $p = 0.0095$ ) sono fattori protettivi. (11)

Una storia di infortuni legati alla corsa (Running Related Injury = RRI) nei 12 mesi precedenti (OR = 2.0880;  $p = 0.0032$ ) ed avere una malattia cronica (ipertensione, ipercolesterolemia, asma, ipotiroidismo, diabete) (OR = 2.0390  $p = 0.0188$ ) sono fattori di rischio in trail runners sudafricani. (17)

Durante una gara multi stage di 250km totali composta da 6 stage su 7 giorni, il sesso femminile (OR: 4.64; CI, 2.07–10.37;  $p < 0.001$ ), peso inferiore dello zaino (OR: 0.71; 95% CI, 0.56-0.91;  $p < 0.007$ ), percentuale di peso perso (OR: 0.87; 95% CI, 0.78-0.97;  $p < 0.015$ ) sono fattori di rischio per lo sviluppo di danno renale acuto; finire la gara nell'ultimo quintile sembra invece essere un fattore protettivo (OR: 0.18; 95% CI, 0.04-0.78;  $p < 0,022$ ). (13)

Competere su distanze lunghe ( $p < 0.0001$ ), un maggior Chronic Disease Composit Score ( $p = 0.0012$ ) e storia di allergie ( $p = 0.0056$ ) sono fattori di rischio per insorgenza graduale di infortuni legati alla corsa. (18)

Specificatamente ai crampi durante un'ultramaratona di 161 km, i fattori di rischio per lo sviluppo di crampi o pre-crampi sono: una storia precedente di crampi ( $p < 0.0001$ ), livelli maggiori di azoto ureico ( $p < 0.05$ ) e di creatinasi ( $p < 0.001$ ) nel sangue. Il tempo finale era maggiore ( $p = 0.048$ ) in quei soggetti che avevano crampi rispetto a chi non li aveva. (14)

Non effettuare il riscaldamento prima di correre ( $r = 3.37$ ;  $p < 0.001$ ) o effettuarlo sporadicamente ( $r = 4.42$ ;  $p < 0.001$ ) così come un minor tempo di esposizione alla corsa ( $r = -0.344$ ;  $p = 0.000$ ) sono associati a maggior rischio di infortuni dermatologici o muscoloscheletrici. (19)

Sesso ed età sono fattori di rischio anche per sviluppare infortuni muscoloscheletrici o disordini della pelle. Un incremento di 10 anni di età è associato ad una riduzione di infortuni dello 0.5 (95% CI = -0.8 to -0.02) e disordini della pelle dello 0.4 (95% CI = 0.6 – 0.1). Il sesso femminile è associato a maggiori condizioni mediche in generale (medical illness) dello 0.16 rispetto agli uomini, in gare di ultramaratone multi-stage. (15)

Specificatamente a scottature e quindi disordini della pelle dovuti all'esposizione al sole, i fattori di rischio per lo sviluppo di una scottatura sono: giovane età (OR, 0.98; 95% CI, 0.97-0.99;  $p < 0.001$ ), fenotipo di pelle Fitzpatrick I e II (OR, 2.06; 96% CI, 1.35-3.14;  $P = 0.001$ ), essere single, separato o vedovo (OR, 1.66; 95% CI, 1.45-2.41;  $p = 0.007$ ), allenarsi per tre ore o più al giorno (nell'anno precedente) ( $r = 1.01$ ; 95% CI 1.00-1.01;  $p = 0.048$ ) e utilizzare l'ombra come protezione per ripararsi dal sole (OR, 1.42; 95% CI, 1.00-2.01,  $p = 0.048$ ). Utilizzare una crema per protezione solare (con fattore di protezione solare (SPF)  $>15$ ) (OR, 1.59; 95% CI, 1.05-2.41,  $p = 0.027$ ) ed evitare l'esposizione al sole a mezzogiorno (OR, 1.83; 95% CI, 1.14-2.96;  $p = 0.013$ ), sono fattori protettivi. (20)

Per quanto riguarda le vesciche, nonostante tutti gli accorgimenti possibili, creme, calze, tape etc. l'unico fattore che può diminuire il rischio di incorrere in vesciche durante una gara multi-stage di 219 Km suddivisa in 5 giorni, è avere esperienza di almeno una ultramaratona precedente ( $r = -0.44$ ,  $p < 0.05$ ). (16)

L'aumento del carico di lavoro acuto settimanale, l'indice di carico di lavoro acuto, la monotonia dell'allenamento, lo sforzo dell'allenamento per sessione (sRPE), la distanza totale e il tempo di allenamento settimanale avvengono nelle tre settimane che precedono l'infortunio. (21)

#### **4. DISCUSSIONE**

Lo scopo di questa revisione è quello di indagare i fattori di rischio per lo sviluppo di infortuni muscoloscheletrici o di quelle condizioni mediche che sono correlate a gare o all'allenamento nel trail running. Conoscere i fattori di rischio ci permette di poter sviluppare eventuali programmi di prevenzione al fine di cercare di ridurre l'incidenza e la prevalenza delle condizioni che colpiscono coloro che corrono in montagna.

Il fattore età è quello che viene riportato più spesso. Tuttavia, i dati sono spesso contrastanti: in due studi (15), (20) la giovane età risulta essere considerata un fattore di rischio. Tuttavia, nello studio di Krabak et al. (15) il numero di partecipanti tra le diverse fasce di età sono notevolmente differenti; infatti, se nella fascia di età tra 30-39 anni rientra il 41% dei soggetti, in quella oltre i 60 anni ne rientra solamente il 3%. In uno studio di Garcia Malinis et al. (20) si identifica la giovane età (<45 anni) come fattore di rischio per scottature solari. In questo studio, solamente il 20.53% dei soggetti ai quali è stato proposto di compilare il questionario sulle bruciature solari, ha accettato di compilarlo, è plausibile pensare che questi soggetti siano quelli più preoccupati per la salute della loro pelle anche perché il 50% di essi ha già sofferto di bruciature solari. Gli atleti di giovane età potrebbero essere più soggetti ad infortuni poiché meno esperti e meno abituati a gestire carichi di allenamento, gare e stressor della vita quotidiana che possono andare ad influenzare l'insorgenza di infortuni.

In un altro studio (11) è avere almeno 6 anni di esperienza a costituire un fattore di rischio per insorgenza di infortuni. Tuttavia, il campione preso in esame in questo studio era limitato a 40 soggetti, inoltre solo il 31.85% degli infortuni è stato diagnosticato da un medico e l'infortunio più comune è il mal di schiena che è tra le problematiche più diffuse e comuni in soggetti giovani adulti (l'età media dei soggetti dello studio era di 38.4 anni). In questo caso non necessariamente un atleta con più esperienza nel trail running ha un'età maggiore rispetto ad un trail runner con meno esperienza. Se comunque considerassimo maggior esperienza come anche una probabile età maggiore, quest'ultimo dato sarebbe in accordo con una revisione sistematica (22) che individua l'età maggiore come fattore di rischio per sviluppare infortuni in runner di breve distanza.

Nello stesso studio di Malliaropoulos et al. (11) anche svolgere un lavoro manuale pesante viene considerato un fattore di rischio. Questo potrebbe essere collegato al discorso del sovraccarico che è causa della maggior parte degli infortuni nella corsa; infatti, chi svolge lavori pesanti potrebbe essere costretto ad allenarsi o a gareggiare in condizioni di carico eccessivo non tanto per quanto riguarda esclusivamente il sovraccarico dovuto alla corsa, ma a quello lavorativo e alla somma dei due carichi. Nella programmazione degli allenamenti è utile considerare anche tutti gli altri stress meccanici e psicologici alla quale siamo sottoposti durante la vita quotidiana. Purtroppo, chi effettua un lavoro manuale pesante, probabilmente è sottoposto ad un carico meccanico elevato durante la giornata lavorativa. L'ulteriore carico dato dalla corsa può a questo punto portare ad un sovraccarico che alla lunga potrà andare a generare l'infortunio.

Sempre nello studio di Malliaropoulos et al. (11) allenarsi in montagna e non su superfici sintetiche e seguire un piano di allenamento personalizzato sono fattori protettivi. Allenarsi in montagna consente di variare appoggio e quindi distribuzione dei carichi sull'arto inferiore mentre su una superficie come l'asfalto è facile pensare che il carico sia sempre distribuito allo stesso modo sulle strutture muscoloscheletriche in quanto la superficie è sempre regolare. Seguire un piano di allenamento personalizzato può essere molto utile per calibrare gli allenamenti in base alla capacità dell'atleta. È molto comune nei runner amatoriali seguire tabelle di allenamento pre esistenti, magari pensate originariamente per atleti professionisti, per cercare di migliorare la propria performance. Tuttavia, l'atleta professionista probabilmente ha sviluppato negli anni una capacità di adattamento che gli permette di eseguire i propri allenamenti con un rischio di infortuni minore, mentre l'atleta amatoriale che prende spunto da allenamenti degli atleti professionisti può essere portato in modo rapido al sovraccarico e all'infortunio in quanto segue un programma non calibrato sulle proprie capacità.

Avere una storia di precedente infortunio legato alla corsa è spesso un fattore di rischio che viene riportato in altri studi su runner, sia su gare brevi che lunghe (22), (23), (24) in accordo con Viljoen CT et al. (17) Questi autori riportano come la storia di un infortunio nei dodici mesi precedenti sia un fattore di rischio anche tra trail runner sudafricani. In questo caso sarebbe utile capire se chi ha già avuto infortuni sia maggiormente propenso a subirne di nuovi ed ad incappare in recidive a causa di fattori intrinseci (genetici, biomeccanici etc.) o per abitudini errate, ad esempio di allenamento. Infatti alcune abitudini di allenamento possono aumentare il rischio di infortuni sia in trail runner (11), (19) che in altri atleti come runner che svolgono bassi volumi di corsa (25), (23) e runner con

minor tempo di esposizione alla corsa. (19) Considerando che la maggioranza degli infortuni muscoloscheletrici nella corsa avviene per overuse e per errori durante l'allenamento è facile pensare che questi siano i fattori determinanti. E' difficile cambiare le abitudini di allenamento degli atleti anche se questi fanno sport a livello amatoriale. Spesso per scongiurare il rischio di subire un infortunio da overuse si dovrebbe ridurre la durata o l'intensità o il volume degli allenamenti, a volte anche per qualche settimana; l'atleta percepisce questo cambiamento come una possibile causa di riduzione della prestazione e tende spesso a evitarlo, ripentendo gli stessi errori che portano all'overuse. Probabilmente uno degli errori che spesso viene commesso è quello di aumentare in modo repentino il carico di allenamento una volta risolti i sintomi causati dall'infortunio; in questo modo però non si lascia al corpo il tempo di adattarsi all'incremento dei carichi e si incorre nel rischio andare incontro ad un reinfortunio.

Il basso volume di allenamento così come minor tempo di esposizione alla corsa aumentano il rischio di infortuni, probabilmente a causa del fatto che queste limitazioni non permettono di effettuare quegli adattamenti necessari ad incrementare la forza, resistenza muscolare o endurance necessari e migliorare la capacità di tollerare i carichi dell'allenamento da parte dell'organismo. Andare ad agire sugli errori di allenamento potrebbe quindi essere un intervento poco dispendioso e semplice per ridurre gli infortuni.

L'assenza di una routine di riscaldamento è riconosciuta come un fattore di rischio allo sviluppo di infortuni muscoloscheletrici nel trail running. (21) Tuttavia, nello studio di Matos et al. (21) tra gli infortuni più ricorrenti troviamo problematiche che colpiscono le unghie dei piedi e la formazione di vesciche, entrambi fattori che con molta probabilità non vengono molto influenzati da un eventuale riscaldamento. Considerando quindi questo aspetto, sarebbe utile indagare in modo specifico l'influenza del riscaldamento sulle patologie da sovraccarico del sistema muscoloscheletrico dividendole da quelle podologiche/dermatologiche. L'assenza di una routine di riscaldamento è un fattore di rischio non solo nel trail running ma anche in altri sport come nella danza (26), nel basket (27) o nello sport in generale anche negli adolescenti. (28) Le ragioni possono essere differenti: ad esempio alcuni studi dimostrano come il riscaldamento vada a migliorare la stiffness e la perfusione sanguigna a livello del tendine di Achille (29) che è una delle sedi più comuni per lo sviluppo di infortuni nel trail running e spesso la sede degli infortuni più gravi. (11) In ogni caso sembra che inserire sempre una routine di riscaldamento prima di una competizione o un

allenamento potrebbe essere un valido intervento per ridurre il rischio di infortuni sia nel trail running che in altri sport.

Molto interessante è notare come alcune condizioni di salute come allergie o malattie croniche sembrano costituire dei fattori di rischio allo sviluppo di infortuni (17), (18) questo suggerisce che non sia sufficiente prendere in considerazione solamente i fattori biomeccanici, ma sia fondamentale indagare anche i fattori biologici e l'anamnesi medica generale quando si è di fronte ad un infortunio legato alla corsa o al trail running. Lo studio di Viljoen et al. (17) che si focalizza su questo aspetto, è limitato dal fatto che la numerosità del campione è relativamente scarsa (152 corridori) ed i questionari di raccolta dati sono auto compilati dai partecipanti. Anche il secondo studio di Viljoen et al. (18) utilizza l'autocompilazione del questionario nella raccolta dati, focalizzandosi in particolare sui sintomi di infortuni legati alla corsa nei dodici mesi precedenti. Una limitazione in questi due studi potrebbe essere il fatto che l'infortunio non debba necessariamente essere stato diagnosticato o valutato da un medico o un professionista sanitario, inoltre l'infortunio potrebbe essere stato originato da altre attività. Tuttavia, anche nello studio di Mokwena et al. (30) viene ritrovato un rischio di infortuni legati alla corsa ad insorgenza graduale che aumenta in caso di allergia e che raddoppia ogni qual volta si aggiungano due malattie croniche al conteggio delle malattie totali.

Per quanto riguarda i crampi muscolari, il fattore di rischio trovato tra trail runner durante una ultramaratona è stato quello di avere una storia precedente di crampi e segni di danno/fatica muscolare misurati tramite prelievo sanguigno e misurazione della creatinichinasi, mentre non è stata rilevata una correlazione tra aumentata incidenza di crampi e squilibrio elettrolitico soprattutto per quel che riguarda il sodio. (14) Ciò è in accordo con le evidenze più recenti che sembrano attribuire un ruolo maggiore alla alterazione del controllo neuromuscolare (probabilmente indotta dalla fatica) rispetto alla più vecchia teoria della disidratazione e della deplezione degli elettroliti che viene supportata sempre meno dalla letteratura. (31), (32) Considerando quindi che la fatica muscolare è probabilmente il fattore più importante per lo sviluppo di crampi muscolari, possiamo dedurre che parte dei crampi muscolari possano essere favoriti da un allenamento non adeguato così come da una debolezza muscolare che porta ad affaticare il muscolo in modo più rapido; pertanto inserire allenamenti di forza ed allenamenti specifici in base all'obiettivo (gare corte, lunghe, ultra Trail) potrebbe essere utile per permettere ai muscoli di effettuare gli adattamenti necessari a sostenere i carichi di lavoro previsti, in modo da

contrastare e ritardare il più possibile l'alterazione del controllo neuromuscolare. De Jager et al. (33) identificano come fattori di rischio in runner che gareggiano su distanze di 21 e 56km, riduzione del numero settimanale di sedute, riduzione della velocità di corsa degli allenamenti e infortuni pregressi. Questi tre fattori potrebbero ancora una volta riflettere il fatto che la mancanza di allenamento del muscolo a sostenere carichi e intensità di corsa maggiori possano portare a fatica muscolare precoce. È fondamentale, inoltre, che durante l'attività fisica, i muscoli abbiano a disposizione il carburante necessario per produrre energia, è consigliato infatti introdurre un quantitativo corretto ed individualizzato di carboidrati. (34)(35)

Non è chiaro se il sesso sia un fattore di rischio o un fattore protettivo per gli infortuni nel trail running. In alcuni studi il sesso femminile risulta esser un fattore di rischio non modificabile (15), (13), tuttavia in altri studi inerenti a fattori di rischio in runner, risulta esserci una limitata evidenza che il sesso maschile sia un fattore di rischio di sviluppo di infortuni. (36) In particolare, nello studio di Krabak et al. (15) il sesso femminile risulta essere un fattore di rischio per lo sviluppo di condizioni mediche come il collasso indotto dall'esercizio fisico (Exercise Associated Collapse), malattia da altitudine, e altre diagnosi mediche non specificate. In questo caso il campione era costituito da un totale di 396 soggetti, con solo il 20.8% facente parte del sesso femminile. In uno studio molto più ampio condotto su 230.502 partecipanti della mezza maratona di Gothenburg, di cui 33% facenti parti del sesso femminile, non sembrano esserci differenze di sesso per lo sviluppo di un collasso indotto da esercizio fisico. (37) Nello studio di Krabak et al. (15) non sembrano invece esserci differenze per quel che riguarda gli infortuni muscoloscheletrici o dermatologici.

Nello studio di Lipman et al. (13) il sesso femminile è associato con insorgenza di danno renale acuto, considerando che il campione esaminato è costituito da 128 soggetti di cui solo 36 donne, sarebbero utili degli studi in futuro che comprendessero un campione più ampio. Nello stesso studio è evidente un'associazione tra perdita di peso, zaino o equipaggiamento più leggero e danno renale acuto. Considerando che durante l'esercizio fisico intenso la maggioranza del peso perso è attribuibile alla perdita di liquidi, sarebbe utile sapere se il minor peso dello zaino o equipaggiamento fosse dovuto ad una minor quantità di liquidi portati dall'atleta durante la competizione. In questo caso per ridurre l'incidenza di danno renale acuto in questi soggetti, potrebbe essere utile fornire un'educazione adeguata sulle quantità di liquidi da consumare durante le competizioni, tenendo comunque conto delle differenze individuali.

Per quanto riguarda le vesciche, nonostante tutti gli accorgimenti possibili (creme, calze, tape etc.), l'unico fattore che può diminuire il rischio di incorrere in vesciche durante una gara multi-stage di 219 Km suddivisa in 5 giorni, è avere esperienza di almeno una ultramaratona precedente ( $r = -0.44$ ,  $p < 0.05$ ). (16) Tuttavia questo è un unico studio svolto su ultramaratona; quindi, i trattamenti che non risultano efficaci in questo caso potrebbero dimostrarsi utili in gare più corte; inoltre bisognerebbe anche tenere conto di alcune condizioni ambientali che potrebbero favorire o meno l'insorgenza di vesciche, come umidità, caratteristiche del terreno, delle scarpe etc.

Altre condizioni dermatologiche come, per esempio, le scottature dovute ai raggi solari possono essere facilmente contrastate mettendo in atto strategie che sono state identificate come fattori protettivi per queste problematiche. Usare una crema solare con fattore di protezione  $> 15$  ed evitare di correre nelle ore in cui i raggi solari sono più intensi costituiscono fattori protettivi nei confronti delle scottature solari. (20)

## **5. LIMITAZIONI**

La letteratura per quanto riguarda il mondo del trail running è molto scarsa, la difficoltà maggiore infatti risiede nel reperire studi specifici sui fattori di rischio per sviluppo di infortuni nel trail running. E' inoltre difficile riuscire a reperire tra i pochi studi presenti, studi di alta qualità. In alcuni studi i campioni erano piuttosto limitati, in altri gli infortuni erano riportati direttamente dai partecipanti allo studio su questionario on line senza che venissero diagnosticati da personale medico. Alcuni partecipanti dichiaravano di allenarsi su asfalto senza specificare la totalità di chilometri su asfalto che è uno dei parametri per definire un'attività running o trail running secondo i criteri dell'ITRA.

## **6. CONCLUSIONI**

Il trail running sta diventando sempre più popolare e gli eventi di trail running sono in aumento in tutto il mondo. Di pari passo è probabile che anche il numero di infortuni tenderà a crescere con l'aumentare dei partecipanti e al momento non sono disponibili numerosi studi di qualità che indagano i fattori di rischio in trail runner. La natura degli infortuni nel trail running è spesso multifattoriale e oltre agli aspetti biomeccanici è utile tenere conto degli aspetti biologici e delle abitudini degli sportivi che praticano trail running, come quelle relative all'allenamento, alla pratica del riscaldamento e alla protezione dai raggi solari. Alcuni fattori di rischio non sono modificabili

come fenotipo di pelle, infortuni pregressi, sesso, età, allergie o malattie croniche. In altri casi invece sono fattori modificabili come errori di allenamento, gestione dell'allenamento o della competizione, o non considerare l'impatto di semplici misure che mettono gli sportivi al riparo dai raggi del sole che possono sviluppare scottature solari. È importante che allenatori, fisioterapisti e professionisti sanitari che lavorano con atleti, così come gli sportivi che praticano trail running siano consapevoli di questi aspetti e che possano essere portati a conoscere ed utilizzare eventuali misure preventive volte a minimizzare il rischio di infortuni. Risulta quindi utile proporre interventi educativi volti a far prendere coscienza ai runner quali sono gli aspetti modificabili e gestibili in prima persona al fine di ridurre il rischio di infortuni nel trail running, considerando che gli aspetti biologici e le abitudini della vita quotidiana sono altrettanto importanti per il mantenimento della forma fisica e il miglioramento della performance sportiva.

Ulteriori studi di alta qualità saranno necessari per una maggiore comprensione dei fattori di rischio specifici nel trail running al fine di poter sviluppare eventuali programmi di prevenzione con lo scopo di ridurre l'incidenza e la prevalenza degli infortuni.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Lee D chul, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee IM, Lavie CJ. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017 Jul 1;60(1):45–55.
2. Dias Lopes A, Carlos L, Junior H, Yeung SS, Oliveira Pena Costa L. What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? A Systematic Review. 1947.
3. Van Der Worp MP, Ten Haaf DSM, Van Cingel R, De Wijer A, Nijhuis-Van Der Sanden MWG, Bart Staal J. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One* [Internet]. 2015 Feb 23 [cited 2022 Jul 17];10(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25706955/>
4. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* [Internet]. 2015 Jul 20 [cited 2022 Jul 17];45(7):1017–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25951917/>
5. ITRA - International Trail Running Association [Internet]. 2023 [cited 2023 Apr 10]. p. ITRA-run. Available from: <https://itra.run/>
6. FISKY - Federazione Italiana Sky running [Internet]. 2023 [cited 2023 Apr 10]. p. Cos'è lo Skyrunning. Available from: <https://www.skyrunningitalia.it/pages/Cos-e-lo-Skyrunning>
7. Hespanhol Junior LC, van Mechelen W, Verhagen E. Health and Economic Burden of Running-Related Injuries in Dutch Trailrunners: A Prospective Cohort Study. *Sports Med* [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2022 Jul 17];47(2):367. Available from: </pmc/articles/PMC5266769/>
8. Scheer V, Krabak BJ. Musculoskeletal Injuries in Ultra-Endurance Running: A Scoping Review. *Front Physiol* [Internet]. 2021 Mar 31 [cited 2022 Jul 17];12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33868030/>
9. Viljoen CT, van Rensburg DCJ, Verhagen E, van Mechelen W, Korkie E, Botha T. Epidemiology, Clinical Characteristics, and Risk Factors for Running-Related Injuries among South African Trail Runners. *Int J Environ Res Public Heal* 2021, Vol 18, Page 12620 [Internet]. 2021 Nov 30 [cited 2022 Jul 17];18(23):12620. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/23/12620/htm>

10. Viljoen C, Janse van Rensburg DCC, van Mechelen W, Verhagen E, Silva B, Scheer V, et al. Trail running injury risk factors: a living systematic review. *Br J Sports Med* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2022 Jul 17];56(10):577–87. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35022162/>
11. Malliaropoulos N, Mertyri D, Tsaklis P. Prevalence of Injury in Ultra Trail Running. *Hum Mov.* 2015 Jun 1;16(2):52–9.
12. Khodae M, Saeedi A, Harris-Spinks C, Hew-Butler T. Incidence of exercise-associated hyponatremia during a high-altitude 161-km ultramarathon. *Phys Act Nutr* [Internet]. 2021 Sep 30 [cited 2022 Jul 17];25(3):16–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34727684/>
13. Lipman GS, Krabak BJ, Rundell SD, Shea KM, Badowski N, Little C. Incidence and Prevalence of Acute Kidney Injury during Multistage Ultramarathons. *Clin J Sport Med.* 2016 Jul 1;26(4):314–9.
14. Hoffman MD, Stuempfle KJ. Muscle Cramping During a 161-km Ultramarathon: Comparison of Characteristics of Those With and Without Cramping. *Sport Med - Open* [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2023 Apr 1];1(1):1–9. Available from: <https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-015-0019-7>
15. Krabak BJ, Waite B, Schiff MA. Study of injury and illness rates in multiday ultramarathon runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Dec;43(12):2314–20.
16. Scheer BV, Reljic D, Murray A, Costa RJS. The enemy of the feet: blisters in ultraendurance runners. *J Am Podiatr Med Assoc* [Internet]. 2014 Sep 1 [cited 2023 Apr 1];104(5):473–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25275735/>
17. Viljoen CT, van Rensburg DCJ, Verhagen E, van Mechelen W, Korkie E, Botha T. Epidemiology, clinical characteristics, and risk factors for running-related injuries among south african trail runners. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Dec 1;18(23).
18. Viljoen CT, Sewry N, Schwellnus MP, Janse van Rensburg DC, Swanevelder S, Jordaan E. Independent Risk Factors Predicting Gradual Onset Injury in 2824 Trail Running Race Entrants: SAFER XVIII Study. *Wilderness Environ Med.* 2021 Sep 1;32(3):293–301.
19. Matos S, Silva B, Clemente FM, Pereira J. Running-related injuries in Portuguese trail

- runners: a retrospective cohort study. *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2023 Apr 1];61(3):420–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33092325/>
20. García-Malinis AJ, Gracia-Cazaña T, Zazo M, Aguilera J, Rivas-Ruiz F, de Troya Martín M, et al. Sun Protection Behaviors and Knowledge in Mountain Marathon Runners and Risk Factors for Sunburn. *Actas Dermosifiliogr* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2023 Apr 1];112(2):159–66. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33197435/>
  21. Matos S, Clemente FM, Silva R, Carral JMC. Variations of Workload Indices Prior to Injuries: A Study in Trail Runners. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Apr 1];17(11):1–15. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32517064/>
  22. van Poppel D, van der Worp M, Slabbekoorn A, van den Heuvel SSP, van Middelkoop M, Koes BW, et al. Risk factors for overuse injuries in short- and long-distance running: A systematic review. *J Sport Heal Sci* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Apr 8];10(1):14. Available from: </pmc/articles/PMC7856562/>
  23. Hespanhol Junior LC, Pena Costa LO, Lopes AD. Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *J Physiother* [Internet]. 2013 [cited 2023 Apr 8];59(4):263–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24287220/>
  24. Fokkema T, Varkevisser N, de Vos RJ, Bierma-Zeinstra SMA, van Middelkoop M. Factors Associated With Running-Related Injuries in Recreational Runners With a History of Running Injuries. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2023 Jan 1 [cited 2023 Apr 8];33(1):61–6. Available from: [https://journals.lww.com/cjsportsmed/Fulltext/2023/01000/Factors\\_Associated\\_With\\_Running\\_Related\\_Injuries.8.aspx](https://journals.lww.com/cjsportsmed/Fulltext/2023/01000/Factors_Associated_With_Running_Related_Injuries.8.aspx)
  25. Scopus - Document details - Risk and Protective Factors for Middle- and Long-Distance Running-Related Injury | Signed in [Internet]. [cited 2023 Apr 7]. Available from: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84992381788&origin=inward&txGid=81d82f4bbadd65cf928001e0a00610a8>
  26. Kaufmann JE, Nelissen RGHH, Stubbe JH, Gademan MGJ. Neuromuscular Warm-Up is Associated with Fewer Overuse Injuries in Ballet Dancers Compared to Traditional Ballet-

Specific Warm-Up. *J Dance Med Sci*. 2022 Dec 15;26(4):244–54.

27. Stojanović E, Terrence Scanlan A, Radovanović D, Jakovljević V, Faude O. A multicomponent neuromuscular warm-up program reduces lower-extremity injuries in trained basketball players: a cluster randomized controlled trial.  
<https://doi.org/10.1080/0091384720222133978> [Internet]. 2022 [cited 2023 Apr 9]; Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00913847.2022.2133978>
28. Ding L, Luo J, Smith DM, Mackey M, Fu H, Davis M, et al. Effectiveness of Warm-Up Intervention Programs to Prevent Sports Injuries among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2023 Apr 9];19(10). Available from: </pmc/articles/PMC9140806/>
29. Pieters D, Wezenbeek E, De Ridder R, Witvrouw E, Willems T. Acute Effects of Warming Up on Achilles Tendon Blood Flow and Stiffness. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2022 Oct 1 [cited 2023 Apr 9];36(10):2717–24. Available from: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2022/10000/Acute\\_Effects\\_of\\_Warming\\_Up\\_on\\_Achilles\\_Tendon.7.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2022/10000/Acute_Effects_of_Warming_Up_on_Achilles_Tendon.7.aspx)
30. Mokwena PL, Schwellnus MP, Van Rensburg AJ, Ramagole DA, Boer P, Jordaan E. Chronic Disease, Allergies, and Increased Years of Running Are Risk Factors Predicting Gradual Onset Running-Related Injuries in Ultramarathon Runners - SAFER XIX Study in 29 585 Race Entrants. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2023 Apr 9];32(4):E422–9. Available from: [https://journals.lww.com/cjsportsmed/Fulltext/2022/07000/Chronic\\_Disease,\\_Allergies,\\_and\\_Increased\\_Years\\_of.27.aspx](https://journals.lww.com/cjsportsmed/Fulltext/2022/07000/Chronic_Disease,_Allergies,_and_Increased_Years_of.27.aspx)
31. Schwellnus MP. Cause of Exercise Associated Muscle Cramps (EAMC) — altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion? *Br J Sports Med* [Internet]. 2009 Jun 1 [cited 2023 Apr 9];43(6):401–8. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/43/6/401>
32. Miller KC, McDermott BP, Yeargin SW, Fiol A, Schwellnus MP. An Evidence-Based Review of the Pathophysiology, Treatment, and Prevention of Exercise-Associated Muscle Cramps. *J Athl Train* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2023 Apr 9];57(1):5. Available from: </pmc/articles/PMC8775277/>
33. de Jager I, Schwellnus M, Sewry N, Viljoen C, Korkie E, Swanevelder S, et al. Males, Older

Age, Increased Training, Chronic Diseases, Allergies, and History of Injury Are Independent Risk Factors Associated With a History of Exercise-Associated Muscle Cramping in Distance Runners in 76 654 Race Entrants – SAFER XXIX. *Clin J Sport Med*. 2022 Dec 21;

34. Jeukendrup A. A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. *Sports Med* [Internet]. 2014 [cited 2023 Jun 7];44(Suppl 1):25. Available from: [/pmc/articles/PMC4008807/](#)
35. Urdampilleta A, Arribalzaga S, Viribay A, Castañeda-Babarro A, Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J. Effects of 120 vs. 60 and 90 g/h Carbohydrate Intake during a Trail Marathon on Neuromuscular Function and High Intensity Run Capacity Recovery. *Nutrients* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2023 Jun 7];12(7):1–17. Available from: [/pmc/articles/PMC7400827/](#)
36. Van Der Worp MP, Ten Haaf DSM, Van Cingel R, De Wijer A, Nijhuis-Van Der Sanden MWG, Bart Staal J. Injuries in Runners; A Systematic Review on Risk Factors and Sex Differences. *PLoS One* [Internet]. 2015 Feb 23 [cited 2023 Apr 10];10(2). Available from: [/pmc/articles/PMC4338213/](#)
37. Lüning H, Mangelus C, Carlström E, Nilson F, Börjesson M. Incidence and characteristics of severe exercise-associated collapse at the world's largest half-marathon. *PLoS One* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2023 May 14];14(6). Available from: [/pmc/articles/PMC6555510/](#)

