

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

GLI INFORTUNI MUSCOLARI NEI VELOCISTI E
OSTACOLISTI DELL'ATLETICA LEGGERA: UNO
STUDIO OSSERVAZIONALE

Tesi di Laurea in Metodologia della Ricerca Applicata

Presentata da:

Valentina Bianchi

Relatore:

Chiar.mo Prof.

Lucia Bertozzi

Anno Accademico 2022/2023

ABSTRACT4

1. INTRODUZIONE

1.1 L'atletica leggera5

 1.1.1 *Le corse*6

 1.1.2 *Metabolismo aerobico e anaerobico*6

 1.1.3 *Fibre muscolari lente e veloci*7

1.2 Biomeccanica della velocità e degli ostacoli9

 1.2.1 *Velocità*9

 1.2.2 *Ostacoli*11

1.3 Epidemiologia degli infortuni dei velocisti e ostacolisti13

1.4 Classificazione degli infortuni muscolari15

1.5 Obiettivi19

2. MATERIALI E METODI

2.1 Disegno dello studio19

2.2 Contesto20

2.3 Partecipanti20

2.4 Questionario somministrato21

2.5 Dimensioni dello studio23

2.6 Metodi statistici23

 2.6.1 *Caratteristiche dei partecipanti*23

 2.6.2 *Analisi delle frequenze*23

 2.6.3 *Analisi delle frequenze stratificate*24

 2.6.4 *Confronti tra proporzioni*24

 2.6.5 *Correlazioni*24

3. RISULTATI

3.1 Analisi statistiche25

 3.1.1 *Caratteristiche dei partecipanti*25

 3.1.2 *Analisi delle frequenze*25

 3.1.3 *Analisi delle frequenze stratificate*28

3.1.4 Confronti tra proporzioni	29
3.1.5 Correlazioni	30
4. DISCUSSIONE	
4.1 Analisi statistica sugli infortuni muscolari	30
4.2 Fattori di rischio: genere, specialità ed età	31
4.3 Fattori preventivi: elevata temperatura, riscaldamento adeguato, stretching e ore di allenamento settimanali	33
4.4 Ruolo della fisioterapia	35
4.5 Limiti	37
5. CONCLUSIONE	38
6. BIBLIOGRAFIA	39

ABSTRACT

INTRODUZIONE: la velocità e gli ostacoli sono due specialità dell'atletica leggera con caratteristiche simili. Gli infortuni più frequenti in queste specialità sono quelli muscolari, soprattutto quelli riguardanti gli ischio-crurali. L'obiettivo di questo studio è indagare la prevalenza, i fattori di rischio/preventivi e il ruolo della fisioterapia negli infortuni muscolari degli atleti che praticano queste specialità.

MATERIALI E METODI: sono state raccolte 210 risposte ad un questionario che indaga dati demografici, abitudini di allenamento, infortuni e il loro trattamento.

RISULTATI: gli infortuni più frequenti sono risultati quelli di tipo muscolare, in particolare nella loggia posteriore della coscia. Sono state riscontrate differenze statisticamente significative sia sull'incidenza degli infortuni muscolari legata al genere di appartenenza, sia sugli atleti che hanno subito infortuni muscolari e articolari/ossei legata alla specialità praticata, all'età e alla risoluzione dell'infortunio tramite trattamenti del fisioterapista.

DISCUSSIONE: per gli infortuni muscolari, il genere più interessato è quello maschile, mentre il distretto più colpito è quello degli ischio-curali. La combinazione di infortuni muscolari e articolari/ossei ha una maggiore incidenza negli ostacolisti. Gli atleti che si allenano a temperature più alte sono meno soggetti ad infortuni muscolari. Il carico eccessivo di allenamenti non risulta essere un fattore di rischio per questo tipo di infortuni. La maggior parte degli atleti si è rivolta al fisioterapista; tra i trattamenti per gli infortuni muscolari più utilizzati nel campione quello con più evidenza scientifica è l'esercizio terapeutico, in particolare quello eccentrico.

CONCLUSIONE: i dati ottenuti mostrano che la fisioterapia svolge un ruolo fondamentale nella gestione degli infortuni muscolari: particolare attenzione dovrà essere rivolta agli ischio-crurali nei velocisti e ostacolisti, specialmente di sesso maschile.

1. INTRODUZIONE

1.1 L'atletica leggera

L'atletica leggera è uno sport che comprende diverse discipline, tutte hanno in comune la gestione del movimento umano. Le discipline possono essere suddivise in quattro categorie: corse, marce, concorsi (salti e lanci) e prove multiple. Le gare "outdoor" sono quelle che si svolgono su una pista lunga 400 metri, in uno stadio all'aperto, mentre le gare "indoor" sono quelle che si svolgono in una pista lunga 200 metri e in uno stadio al coperto.

La classificazione di Timpka et al ⁽¹⁾ inserisce eventi singoli, che hanno caratteristiche simili, all'interno di uno stesso gruppo: per esempio il gruppo "sprint e staffette" comprende le gare dei 60, 200, 400, 4x100 e 4x400 metri.

Tabella I. Event Group Classification

Gruppo	Gare (eventi, discipline)
Sprint e staffette	60, 100, 200, 400, 4x100, 4x400 metri
Mezzofondo	800, 1500 metri
Fondo e siepi	5000, 10000, 3000 siepi metri
Maratona	42.195 metri
Marcia	20, 50 km
Ostacoli	60, 100, 110, 400 metri con ostacoli
Salti	In alto, in lungo, triplo e con l'asta
Lanci	Disco, giavellotto, martello e peso
Prove multiple	Decathlon, eptathlon

Le singole gare richiedono agli atleti caratteristiche fisiche e abilità molto differenti tra di loro, per questo anche le tipologie degli allenamenti e degli infortuni saranno diverse ⁽²⁾. In questo studio, sono stati analizzati due gruppi di specialità con caratteristiche simili: la velocità e gli ostacoli. Queste gare presentano tipologie di metabolismo e di fibre muscolari analoghe, oltre che abitudini di allenamento somiglianti.

1.1.1 Le corse

All'interno delle corse sono comprese tutte le gare di corsa con o senza ostacoli. Le corse a loro volta sono suddivise in diverse specialità: velocità, ostacoli, mezzofondo, fondo, siepi e staffette.

La velocità comprende tutte le specialità fino ai 400 metri, quindi 100 metri, 200 metri e 400 metri. I 100 e i 200 metri vengono definite gare di velocità "pura", mentre i 400 metri gara di velocità "prolungata". Gli ostacoli comprendono le gare dei 100 metri con ostacoli (per le donne), 110 metri con ostacoli (per gli uomini) e 400 metri con ostacoli. Le corse indoor di velocità sono i 60 metri, 200 metri e 400 metri; l'unica corsa indoor di ostacoli sono i 60 metri con ostacoli. Le gare di corsa oltre i 400 metri sono classificate come gare di mezzofondo (800m e 1500m), mezzofondo prolungato (5000m e 10000m) e siepi (3000m siepi).

1.1.2 Metabolismo aerobico e anaerobico

Tutte le corse hanno in comune il gesto atletico della corsa, ma tra esse cambia molto la tipologia di allenamento, in quanto vengono utilizzati meccanismi di metabolismo differenti. Tutte le gare dell'atletica richiedono all'atleta una contrazione muscolare. L'energia per la contrazione muscolare può essere richiesta al corpo in due modalità: aerobica e anaerobica. Intensità, durata e tipo di sforzo fisico sono le caratteristiche che determinano un metabolismo aerobico o anaerobico. Il metabolismo aerobico utilizza l'ossigeno, fornito dall'apparato cardiovascolare e consuma il glucosio, presente nel nostro corpo, per produrre energia. Questo metabolismo non produce sostanze di scarto che limitano la performance, ma il fattore necessario per la sua efficacia è la disponibilità di glucosio. La modalità aerobica persiste finché l'apparato cardiovascolare fornisce ai muscoli sufficiente ossigeno. Quando la quantità di ossigeno fornita non è più sufficiente, ma la richiesta energetica non cessa, si genera energia per mezzo del metabolismo anaerobico, ovvero in assenza di ossigeno: questo è il caso dell'ipossia o di richieste energetiche impellenti per sforzi molto intensi. Il metabolismo anaerobico si può differenziare a sua volta in due tipologie: alattacido e lattacido. L'alattacido ha una limitata autonomia e durata per l'esaurimento dei substrati che utilizza, ma non produce acido lattico come sostanza di scarto ed è il più efficace tra i meccanismi (soprattutto durante sforzi massimali). Il lattacido invece può essere utilizzato se l'ossigeno non è presente in quantità sufficiente per un tempo più lungo, ma è caratterizzato dalla produzione di acido lattico come sostanza di scarto. Maggiore sarà l'attivazione di questo metabolismo, maggiore sarà la

produzione di acido lattico. Per semplificare, meccanismo “anaerobico” significa che l’energia viene prelevata da riserve già immagazzinate e presenti nel corpo, meccanismo “aerobico” significa che l’energia proviene dall’ossigeno fornito dall’apparato cardiovascolare ⁽³⁾. Le capacità aerobiche e anaerobiche possono essere incrementate con l’allenamento, ma ci sono specialità in cui viene utilizzata più una modalità che l’altra. Nella velocità, è richiesto uno sforzo per meno tempo ma ad una intensità più elevata, quindi nelle gare veloci si utilizza il metabolismo anaerobico. Le gare di ostacoli per molti autori sono viste come delle gare di velocità in cui bisogna oltrepassare ostacoli ⁽³⁾, quindi anche in queste prevale il metabolismo anaerobico. Nelle gare di mezzofondo e fondo invece, viene richiesto uno sforzo più duraturo ma ad intensità minore, per cui prevale l’impiego del soprattutto il metabolismo aerobico. Nello studio di R. Duffield, B. Dawson e C. Goodman ⁽⁴⁾, che hanno condotto per indagare il contributo del sistema energetico aerobico-anaerobico nei 100 e 200 metri, viene sottolineato, secondo i modelli matematici, un basso ruolo del metabolismo aerobico sia nei 100 (4-8%) che nei 200 (8-14%) metri ma, soprattutto per i 200m, un ruolo del metabolismo aerobico maggiore (28%). In conclusione, lo studio ha determinato le contribuzioni energetiche rispettivamente per il metabolismo aerobico e anaerobico nei 100 e 200 metri: nei 100 le contribuzioni aerobiche-anaerobiche erano rispettivamente 21%-79% per i maschi e 25%-75% per le femmine, mentre per i 200 metri erano 28%-72% per i maschi e 33%-67% per le femmine.

1.1.3 Fibre muscolari lente e veloci

Un’altra differenza tra le gare veloci e le gare di fondo è la tipologia di fibre muscolari che vengono rispettivamente utilizzate.

Tutti i muscoli del corpo sono costituiti da tante singole fibre muscolari, le quali hanno uno spessore che varia dai 10 ai 100 micrometri e una lunghezza che varia da 1 a 50cm. Ogni fibra muscolare è una singola cellula con più nuclei. La contrazione della singola fibra muscolare è la causa della contrazione di tutto il muscolo. L’unità fondamentale all’interno di ciascuna fibra muscolare è il sarcomero ⁽⁵⁾.

Questa organizzazione permette che l’energia chimica delle reazioni metaboliche che avvengono all’interno del muscolo, sia trasformata in energia meccanica e renda possibile quindi il movimento. All’interno del muscolo si possono trovare diversi tipi di fibre muscolari, che possono essere classificate tramite diversi criteri, tra cui il metabolismo, la velocità di contrazione e la resistenza alla fatica.

Dal punto di vista ultrastrutturale, biochimico e funzionale le fibre muscolari possono essere distinte in tre tipologie, che differiscono tra loro per le diverse capacità funzionali: fibre lente, fibre veloci e fibre con caratteristiche intermedie.

Le fibre muscolari di tipo I (fibre lente), o fibre SO (Slow Oxidation) sono quelle che vengono definite anche fibre rosse, perché a causa dell'alto contenuto di mioglobina, contengono molti mitocondri e una fitta rete di capillari. Sono le fibre a contrazione più lenta ma hanno una capacità di resistenza alla fatica maggiore. Usano principalmente il meccanismo ossidativo (quindi quello aerobico) per produrre ATP.

Le fibre muscolari di tipo II sono le fibre veloci, che a loro volta sono suddivise in due tipologie. Le fibre veloci di tipo IIB sono quelle definite come fibre bianche, perché hanno meno mioglobina. Possono essere chiamate anche fibre IIX, suscettibili alla fatica, oppure fibre FTG (Fast-Twitch-Glycolytic), perché utilizzano un meccanismo glicolitico (in cui il glicogeno viene scisso anaerobicamente per produrre energia). Sono adatte a sforzi brevi quindi si affaticano più facilmente.

Le fibre veloci di tipo II A sono definite anche fibre FTOG (Fast-Twitch-Oxidative-Glycolytic) e possiedono caratteristiche strutturali e biochimiche intermedie rispetto gli altri due tipi. Sono fibre veloci ma più resistenti alla fatica.

Le fibre lente normalmente occupano la parte più interna del muscolo, dove è più estesa la rete vascolare, le fibre veloci invece occupano le regioni più superficiali, di solito meno vascularizzate. Esistono muscoli posturali, come il muscolo soleo, che sono costituiti principalmente da fibre lente (80-90%), mentre altri muscoli, come per esempio i muscoli dell'oculomozione, sono costituiti quasi esclusivamente da fibre veloci. Le percentuali di fibre lente e veloci cambiano di muscolo in muscolo ⁽⁶⁾.

Secondo R. Bottinelli e C. Reggiani ⁽⁷⁾, l'eterogeneità nelle proprietà funzionali delle diverse tipologie di fibre muscolari, unita alla distribuzione non uniforme di esse nei diversi muscoli umani, è molto probabilmente uno dei maggiori fattori determinanti della notevole capacità dei muscoli di scheletrici di eseguire compiti motori estremamente variabili. Le fibre lente appaiono particolarmente adatte alle contrazioni isometriche: mentre sviluppano la stessa forza isometrica delle fibre veloci, consumano molto meno ATP e faticano molto poco grazie al loro metabolismo prevalentemente aerobico. Sviluppando molta poca potenza, è improbabile che sostengano movimenti molto potenti. Tuttavia, sviluppando la loro massima potenza con la massima efficienza a velocità basse, sono particolarmente adatte a sostenere movimenti lenti. Al contrario, le fibre IIX sviluppano la loro massima potenza con la massima efficienza a velocità alte e sono meglio utilizzate per movimenti veloci e potenti. Inoltre, il loro basso livello

aerobico di metabolismo, suggerisce che non possono supportare contrazioni di lunga durata, ma solo una breve attività esplosiva. Le fibre di tipo IIA, che sono le fibre veloci più abbondanti, hanno velocità e potenza intermedie, per questo sono più frequentemente usate per un'ampia gamma di movimenti a velocità intermedie. Gli atleti coinvolti nelle gare di velocità hanno un contenuto relativamente più alto di fibre IIA e IIX rispetto agli atleti coinvolti nella maratona. Questi dati supportano l'idea che le fibre lente sono utilizzate per il controllo posturale e per contrazioni lente ripetitive, le fibre veloci sono coinvolte in esercizi fasici, potenti e brevi.

1.2 Biomeccanica della velocità e degli ostacoli

1.2.1 Velocità

Nelle gare di velocità, l'atleta deve partire dai blocchi di partenza e percorrere la distanza di gara il più velocemente possibile. Le gare di velocità possono essere suddivise in quattro fasi: fase di partenza dai blocchi, fase di accelerazione, fase di velocità costante e fase di decelerazione. Questa suddivisione viene spiegata nello studio di Mero A. et al ⁽⁸⁾.

La fase di partenza dai blocchi si riferisce al momento in cui l'atleta ha entrambi i piedi in contatto con i blocchi di partenza. Un piede viene appoggiato sul blocco anteriore, l'altro sul blocco posteriore. Nella posizione del "set" (Figura I) l'atleta alza il proprio bacino, mantenendo il contatto con i piedi sui blocchi, e sposta il centro di massa del corpo in alto e vicino alla riga di partenza. L'attivazione muscolare successiva (Figura II) varia da atleta ad atleta. In generale, il grande gluteo della gamba posteriore viene attivato soprattutto nei primi 50millisecondi, poi la sua attività inizia a diminuire. Il bicipite femorale della gamba posteriore ha un picco alla fine del contatto con il blocco. Sia il vasto laterale che il retto femorale della gamba posteriore hanno i loro picchi iniziali quando inizia la produzione di forza nei blocchi. L'attività del gastrocnemio inizia più tardi, durante la fase di reazione, ma il livello di attività è relativo alla posizione del piede posteriore sul blocco. La produzione di forza da parte della gamba anteriore è quasi la stessa prodotta durante tutta la fase di partenza dai blocchi. Il muscolo gastrocnemio della gamba anteriore è il primo che si attiva, ma il picco di attivazione si presenta quando sia la gamba anteriore che quella posteriore perdono il contatto con i blocchi. Il retto femorale e il vasto laterale della gamba anteriore incrementano la loro attività per tutta la fase di contatto con il blocco, poi la diminuiscono. Il bicipite femorale e il grande gluteo della gamba anteriore vengono attivati quando inizia la produzione di forza.

Dopo aver staccato entrambi i piedi dai blocchi, inizia la fase di accelerazione (Figura III), in cui l'atleta incrementa la lunghezza e la frequenza dei passi. La fase di accelerazione in un 100 metri arriva fino ai 30/50 metri. La posizione del baricentro del corpo, dopo il primo contatto con il suolo della gamba posteriore, cambia durante i primi passi. Nei primi due passi il baricentro è sul punto di contatto dei piedi con il suolo, dal terzo passo invece il baricentro si trova leggermente più indietro rispetto al punto di contatto con il suolo. Il tempo di contatto del piede con il suolo diminuisce gradualmente in tutta questa fase.

Successivamente, si entra progressivamente nella fase di velocità costante (Figura IV): la velocità di corsa viene raggiunta in base alla frequenza e dalla lunghezza dei passi, ma ci sono incrementi visibili fino a velocità di 7m/s. A velocità più elevate, i passi sono più corti, ma ci sono frequenze più alte e questo permette di mantenere la velocità. Quando i piedi toccano il suolo, ci sono grandi impatti: è importante quindi che i muscoli estensori di anca (glutei) siano altamente attivati e rigidi già prima del contatto. Il picco di questi muscoli si verifica durante la fase di contatto del piede con il terreno, poi la loro attività inizia a diminuire fino al momento della propulsione del passo in avanti. Per il vasto laterale e retto femorale l'attivazione muscolare inizia alla fine del contatto e all'inizio della propulsione: il retto femorale agisce eccentricamente a causa dell'estensione di anca e la flessione di ginocchio. Dopo la propulsione del passo in avanti avviene una fase di volo; da metà di questa in poi, il retto femorale inizia ad accorciarsi flettendo l'anca e mantenendo l'estensione di ginocchio, mentre non è molto attivo durante l'estensione di gamba e ginocchio prima del contatto ipsilaterale. Il retto femorale, infatti, sembra essere più importante nello sprint come flessore di anca che come estensore di ginocchio. Il bicipite femorale e il gastrocnemio sono attivi e hanno un ruolo primario durante la propulsione ipsilaterale.

La fase successiva è quella di decelerazione: in questa fase nelle gare di velocità corte (100m) aumentano sia il tempo di contatto con il suolo sia quello di volo, si abbassa il baricentro, e diminuisce la velocità, nelle gare di velocità lunghe (200m e 400m) l'andamento della velocità varia a seconda di fattori esterni come tattica, vento e utilizzo delle energie. L'attività muscolare è molto simile alla fase di velocità costante.



Figura I: posizione del “set”



Figura II: fase di partenza dai blocchi



Figura III: fase di accelerazione



Figura IV: fase di velocità costante

1.2.2 Ostacoli

Le gare di ostacoli possono essere suddivise in 3 fasi principali: fase di partenza o approccio al primo ostacolo, fase di superamento dell’ostacolo (che comprende stacco, fase di volo e atterraggio) e fase di corsa tra gli ostacoli. In tutte le gare di ostacoli, nella fase di partenza l’atleta deve partire dai blocchi ed ha a disposizione uno spazio preciso per compiere la propria accelerazione, prima di arrivare al primo ostacolo; si ha quindi un numero di passi prestabilito. Questa fase di accelerazione termina un passo prima del superamento dell’ostacolo, dove comincia la fase successiva. La fase di superamento dell’ostacolo è suddivisa a sua volta in 3 parti: stacco, volo e atterraggio. È assolutamente necessario che l’atleta corra appoggiando gli avampiedi e non i talloni per evitare che il centro di massa si abbassi, se non vuole perdere velocità. Quindi, nella fase di stacco (Figura V), il polpaccio della gamba che spinge a terra (in gergo tecnico viene chiamata “seconda gamba”) è caricato eccentricamente per evitare che la caviglia si fletta eccessivamente, e quindi evitare che il centro di massa si abbassi. L’attacco alla fine appare come un “salto” per valicare l’ostacolo. Il polpaccio, dopo l’azione eccentrica,

esegue una flessione plantare per spingere il corpo in avanti e verso l'ostacolo. La gamba che prima valica l'ostacolo (che viene chiamata "prima gamba"), guidata da un movimento di flessione-estensione del ginocchio e di flessione di anca, e il braccio opposto, sono portati avanti simultaneamente seguendo un asse orizzontale. Il ginocchio che viene oscillato in avanti e verso l'alto nella direzione di corsa, guida questo movimento. La punta del piede di stacco in flessione plantare attiva è il punto cruciale. L'estensione sincrona dell'articolazione del gomito del braccio opposto e dell'articolazione del ginocchio della prima gamba, nonché lo sbilanciamento del tronco in avanti e verso l'ostacolo, iniziano al momento dello stacco. Questo processo è chiamato anche "attacco" dell'ostacolo. La fase successiva viene definita come fase di volo (Figura VI), in cui l'ostacolista assume una posizione divaricata con le gambe. La prima gamba e il braccio opposto sono paralleli tra di loro e diretti orizzontalmente, la seconda gamba viene lasciata indietro e il corpo è proiettato in avanti. In questo momento, il ginocchio della seconda gamba viene tenuto dietro l'articolazione dell'anca dell'emilato corporeo corrispondente: questa posizione presuppone elevati livelli di flessibilità delle varie articolazioni. Durante il volo sull'ostacolo una abduzione attiva della seconda gamba, associata ad una rotazione esterna del piede, è indispensabile per non colpire l'ostacolo. Inoltre, per ridurre l'inerzia, questa gamba viene portata avanti in posizione flessa e contemporaneamente sollevata lateralmente. Dopo aver superato l'ostacolo con il bacino, per preparare l'arrivo a terra, tra la prima e la seconda gamba avviene un comportamento opposto. Mentre la seconda gamba è ancora flessa ed esegue un movimento in avanti e verso l'alto, la prima gamba viene distesa e spinta attivamente verso il basso. Durante l'atterraggio (Figura VII e Figura VIII), non appena il piede tocca terra, la prima gamba dovrebbe essere il più possibile distesa e vicina all'ostacolo: le articolazioni della caviglia e del ginocchio sono bloccate e il tallone non tocca terra. Di conseguenza, il polpaccio esegue un'azione eccentrica e il tallone, essendo sollevato, permette alla caviglia di avere un maggiore range di movimento in flessione plantare, consentendo all'atleta di utilizzare i flessori plantari per spingere ed accelerare in avanti. Questa accelerazione in avanti però viene raggiunta soprattutto grazie all'azione degli estensori d'anca (grande gluteo e ischio-crurali) in sinergia. Dopo l'atterraggio è importante che tutto il corpo, quindi sia le braccia che le gambe, sia portato in una posizione di sprint. Il ginocchio della seconda gamba è di particolare importanza: solo se viene sollevato il più in alto possibile e in avanti nella direzione di corsa è possibile ridurre al minimo lo spazio di frenata e limitare al minimo il tempo di contatto a terra. Una volta superato l'ostacolo si entra nella fase di corsa tra gli ostacoli: tra un ostacolo e l'altro l'obiettivo è cercare di perdere meno velocità possibile. Nelle gare dei 100 e 110 ostacoli si

fanno tre passi tra un ostacolo e l'altro, mentre nella gara dei 400m con ostacoli il numero di passi è variabile ⁽⁹⁾.



Figura V: fase di stacco



Figura VI: fase di volo



Figura VII e Figura VIII: fase di atterraggio

1.3 Epidemiologia degli infortuni dei velocisti ed ostacolisti

In una serie di competizioni internazionali di atletica dal 2007 al 2015, gli infortuni muscolari hanno rappresentato il 41% di tutti gli infortuni e il gruppo muscolare degli ischio-crurali è stato quello più interessato ⁽¹⁰⁾. Il contributo dei gruppi muscolari differisce tra velocità di corsa alte o basse: i muscoli plantiflessori (soleo, gastrocnemio, tibiale posteriore, peronei e flessori delle dita) danno il loro contributo soprattutto a velocità basse (fino ai 7 metri al secondo); gli ischio-crurali sono particolarmente interessati, durante la fase di accelerazione, nella produzione di forza orizzontale per la propulsione in avanti. Si può ipotizzare che il gruppo muscolare infortunato possa variare in base alle diverse velocità delle discipline praticate ⁽¹¹⁾. Le lesioni agli ischio-crurali, infatti, sono tipiche degli sport che richiedono alte velocità di corsa e di sprint, quando si devono contrarre eccentricamente ad alta velocità ⁽¹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾. Infatti, il gruppo muscolare più frequentemente interessato da infortuni nei velocisti e negli ostacolisti

è quello degli ischio-crurali ⁽¹¹⁾. Questo gruppo muscolare è costituito da 3 muscoli singoli, ognuno con la sua anatomia: bicipite femorale, semitendinoso e semimembranoso. Nello sprint il bicipite femorale è quello che viene sottoposto alla tensione più alta, il semitendinoso alla velocità di allungamento maggiore e il semimembranoso agisce soprattutto nella produzione di forza. Il bicipite femorale viene attivato soprattutto durante la fase di accelerazione, il semitendinoso durante il momento di massima velocità e il semimembranoso ha un ruolo importante nel generare la potenza per l'oscillazione della gamba ⁽¹⁰⁾. Gli ischio-crurali e i glutei sono agonisti dell'estensione di anca; la coordinazione neuromuscolare di questi muscoli contribuisce alla stabilizzazione della pelvi lungo la performance ⁽¹⁷⁾. La natura biarticolare degli ischio-crurali sembra essere una delle possibili cause di infortunio ⁽¹²⁾. I risultati dello studio di Bing Yu et al ⁽¹⁸⁾ hanno evidenziato che gli ischio-crurali durante lo sprint eseguono una contrazione eccentrica (quindi in allungamento) sia verso la fine della fase di appoggio sia durante la fine della fase di volo, ma la massima attivazione muscolare e avviene durante la fase di volo, mentre la gamba oscilla in avanti. Diversi studi sono stati eseguiti sulla biomeccanica dello sprint per capire il meccanismo degli infortuni agli ischio-crurali e generalmente questi si sono osservati nella fase eccentrica appena descritta, quando il muscolo è nel suo massimo allungamento e più suscettibile ad infortuni ⁽²⁾. Secondo diversi studi, l'esercizio periodico può ridurre il rischio di infortuni muscolari in questo distretto ⁽¹⁹⁾ ⁽²⁰⁾. Conoscere i fattori di rischio degli infortuni specifici di chi pratica atletica leggera può aiutare a ridurre la loro incidenza. Nel contesto di campionati internazionali di atletica, il sesso maschile, l'età più avanzata e le discipline che richiedono velocità più alte sono associati ad un rischio più alto di infortunio agli ischio-crurali ⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁷⁾. In altri contesti atletici, il sesso maschile e l'età più avanzata sono associati ad un rischio di infortunio agli ischio-crurali, ma anche un precedente infortunio e una flessibilità bassa del muscolo. Si può ipotizzare che l'allungamento di questi muscoli tramite lo stretching possa ridurre il rischio di infortunio nell'ambiente dell'atletica leggera ⁽¹⁴⁾ ⁽²¹⁾ e che il sesso maschile e l'età avanzata siano un fattore di rischio. Anche lo studio di P. Edouard ⁽²²⁾ è in accordo: ai campionati europei di atletica del 2012 gli atleti maschi hanno avuto più infortuni che le atlete femmine e la maggior parte degli infortuni è avvenuta in atleti di età maggiore ai 30 anni. Il rischio di infortunio aumenta con l'età perché si accumulano con il tempo sovraccarichi e microtraumatismi. Secondo lo studio di D.A. Opar sugli infortuni degli atleti partecipanti al "Penn Realy Carnival" ⁽²³⁾, l'incidenza degli infortuni agli ischio-crurali era maggiore nelle staffette 4x400 metri rispetto alle staffette 4x100m: anche l'affaticamento muscolare e dei diversi sistemi energetici utilizzati può contribuire all'incidenza degli infortuni agli ischio-crurali ⁽¹¹⁾. Il tipo di gara che si esegue, quindi, potrebbe essere un

fattore predisponente agli infortuni. Uno studio di particolare rilevanza è quello di P. Edouard ⁽²⁴⁾ del 2020, sulla frequenza e caratteristiche degli infortuni dei partecipanti a 14 campionati internazionali di atletica (dal 2007 al 2008). Secondo questo studio, tra i velocisti maschi gli infortuni più frequenti erano localizzati nella coscia (52.0%) e interessavano il muscolo (67.6%), tra le velociste femmine molti degli infortuni erano localizzati nella coscia (37.8%), i restanti invece nel piede (12.8%) e nel tronco (11.5%). Per gli ostacolisti maschi invece molti infortuni erano localizzati nella coscia (37.5%) o nel bacino (12.5%) e interessavano il muscolo (51.3%) o la pelle (23.8%), per le ostacoliste femmine invece molti infortuni erano localizzati nella coscia (22.0%), ma anche nel ginocchio (18.6%), e interessavano soprattutto la pelle (30.5%) o il muscolo (27.1%). Secondo i risultati di questo studio nelle gare di velocità la zona più colpita è la coscia (con lesione muscolare agli ischio-crurali); negli ostacoli la zona più colpita è la coscia o la parte bassa della gamba.

Uno studio condotto da D. A. Opar ⁽²³⁾ ha indagato la correlazione tra il monte ore di allenamento settimanale e l'incidenza degli infortuni. Lo studio ha dato un esito positivo, ovvero che c'è una correlazione, anche se l'analisi riguardava tutti i tipi di infortuni e non solo quelli muscolari.

In un altro studio sugli infortuni riscontrati durante i campionati Europei di atletica del 2012 ⁽²²⁾, in cui le principali diagnosi di infortuni sono in accordo con gli studi precedenti, vengono proposti a scopo preventivo l'esercizio (eccentrico per gli ischio-crurali) e un adeguato riscaldamento, oltre che la flessibilità muscolare.

1.4 Classificazione degli infortuni muscolari

Gli infortuni muscolari nello sport sono molto comuni. Quelli localizzati nella coscia rappresentano la diagnosi più frequente nell'atletica leggera, ma sono stati registrati anche in molti altri sport. Negli atleti di alto livello, un infortunio di questo tipo può provocare una grande perdita in termini di allenamenti e di gare in una stagione, per questo c'è un grande interesse nell'ottimizzare la diagnostica, la terapia e il percorso riabilitativo ⁽²⁵⁾.

Gli infortuni muscolari correlati all'attività atletica rappresentano un gruppo eterogeneo di disordini del muscolo, per i quali è sempre stato difficile dare una definizione.

Una delle classificazioni del grado dell'infortunio muscolare più utilizzata è quella di O'Donogue del 1962 ⁽²⁶⁾. Questo sistema classifica le lesioni in base alla quantità di tessuto muscolare danneggiato associato ad una perdita di funzione. Ci sono tre gradi di lesione e sono riportati in Tabella II.

Tabella II. O'Donogue Classification

Grado	Caratteristiche
Grado I	Non è apprezzabile una lesione nel tessuto muscolare, né una perdita di funzionalità o di forza. È presente solo un quadro infiammatorio di basso grado.
Grado II	È apprezzabile un danneggiamento del tessuto muscolare e c'è una riduzione di forza e di funzionalità.
Grado III	È apprezzabile una lesione completa dell'unità muscolo-tendinea con una perdita completa di funzione.

Le classificazioni successive sono basate sull'imaging: Takebayashi et al ⁽²⁷⁾ hanno pubblicato nel 1995 una classificazione dal grado I, infortunio con meno del 5% del muscolo interessato, grado II, infortunio con una lesione parziale che interessa più del 5% del muscolo, fino al grado III con una lesione completa del muscolo. Stoller nel 2007 ⁽²⁸⁾ ha classificato le lesioni muscolari sulla base della risonanza magnetica in 4 gradi: il grado 0 senza lesioni visibili in risonanza magnetica, il grado 1 con solo edema nel muscolo senza danneggiamento del tessuto, il grado 2 con una lesione parziale del muscolo e il grado 3 con una lesione completa del muscolo.

Il limite di queste classificazioni risiede nel fatto che sono inserite, all'interno di uno stesso grado, lesioni che hanno diversa eziologia, diverso percorso riabilitativo e diversa prognosi. Quindi, negli ultimi anni, sono state proposte nuove classificazioni alternative.

Il "Munich Grading System" classifica gli infortuni muscolari come "funzionali" (suddivisi a loro volta in sottocategorie: indotti dalla fatica, indolenzimento muscolare ad insorgenza ritardata o DOMS, disfunzione neuromuscolare correlata alla colonna vertebrale, disfunzione neuromuscolare correlata al muscolo) o "strutturali". Quelli "funzionali" rappresentano una limitazione per l'atleta nell'eseguire un gesto (come un dolore e l'aumento di tono di un muscolo), perché possono predisporre ad infortuni "strutturali", e non sono diagnosticati con risonanza magnetica perché non c'è una vera e propria presenza di un danno tissutale a differenza di quelli "strutturali" ⁽²⁵⁾. Il termine "funzionali", secondo lo studio di Pollock et al ⁽²⁹⁾, è problematico perché comprende delle patologie che in realtà sono strutturali. La parte

“strutturale” della classificazione di Monaco è utile per la prognosi, ma l’aspetto “funzionale” non lo è.

La “British Athletics Muscle Injury Classification” ⁽²⁹⁾, detta anche BAMIC, è una nuova classificazione che dovrebbe fornire una solita base diagnostica per le decisioni terapeutiche e la prognosi. Gli infortuni muscolari vengono classificati da 0 a 4, in base alle caratteristiche della risonanza magnetica, con i gradi da 1 a 4 che comprendono anche i suffissi “a”, “b” o “c” se la lesione è “miofasciale”, “muscolo-tendinea” o “intratendinea”. Questa classificazione è descritta in Tabella III.

Tabella III. British Athletics Muscle Injury Classification

Grado 0	
A	Classifica una presentazione clinica di indolenzimento/affaticamento focale del muscolo di solito dopo l’esercizio, ma può anche verificarsi durante l’esercizio. È spesso accompagnato da una sensazione di contrazione muscolare, ma nessuna o poca riduzione di forza nei test muscolari. Potrebbe essere possibile palpare una zona con aumento del tono muscolare. Il grado 0a è una “lesione muscolare MRI-negativa”, quindi senza alterazioni in risonanza magnetica, ed è associata ad una prognosi positiva.
B	Classifica un affaticamento muscolare generalizzato, che compare spesso dopo l’esercizio fisico e viene denominato anche come “DOMS”. In questa tipologia di lesione potrebbero essere presenti alterazioni in risonanza magnetica e segnali irregolari che interessano diversi muscoli.
Grado 1	
A	Classifica una lesione che si estende dalla fascia e presenta alte variazioni di segnale sulla zona periferica del muscolo. La variazione non è superiore al 10% dell’area longitudinale del muscolo ed ha una lunghezza longitudinale inferiore a 5cm. Alla risonanza magnetica può essere evidente del liquido/ematoma nei piani della fascia.
B	È una lesione localizzata all’interno del muscolo o, più comunemente, a livello della giunzione muscolo tendinea. In questo sito è evidente un cambiamento di segnale che non è superiore al 10% dell’area trasversale del muscolo ed ha una lunghezza longitudinale inferiore a 5cm.
Grado 2	

A	Queste lesioni si estendono dalla fascia periferica al muscolo. Possono essere associate a dolore durante i cambi di direzione e la forza può essere ridotta. Alla risonanza magnetica un alto cambiamento del segnale potrà essere evidente dalla periferia del muscolo. Questa variazione interesserà dal 10 al 50% dell'area della sezione trasversa del muscolo ed estendersi da 5 a 15cm.
B	Queste lesioni sono localizzate all'interno del muscolo e, più comunemente, sulla giunzione muscolo-tendinea. La variazione alla risonanza magnetica interesserà sempre dal 10 al 50% dell'area della sezione trasversa del muscolo ed estendersi da 5 a 15cm.
C	Sono lesioni che si estendono fino al tendine, ma la lesione è visibile per una lunghezza longitudinale inferiore a 5cm e minore del 50% del diametro massimo del tendine.
Grado 3	
A	Sono lesioni che mostrano alla risonanza magnetica elevati segnali per più del 50% dell'area trasversale del muscolo e si estendono per più di 15 cm in lunghezza. Sono localizzate nella periferia del muscolo. C'è dolore durante la contrazione del muscolo.
B	Sono lesioni che alla risonanza magnetica mostrano lo stesso segnale precedente, ma sono localizzate all'interno del muscolo o nella giunzione muscolo-tendinea.
C	Sono lesioni localizzate all'interno del tendine, interessano un'area maggiore del 50% della sezione trasversa del tendine e si estendono per più di 5cm.
Grado 4	
A-B	Sono lesioni complete del muscolo. L'atleta può sperimentare una sensazione improvvisa di dolore iniziale seguita da una limitazione significativa dell'attività.
C	Sono lesioni complete di un tendine.

Lo studio di A. Patel et al ⁽³⁰⁾ ha dimostrato che quest'ultimo sistema di classificazione è semplice da utilizzare e produce risultati riproducibili sia intraosservatore che interosservatori. Per quanto riguarda il valore clinico e "strumentale", sulla base della risonanza magnetica, è probabile che sia necessario acquisire maggiore familiarità con la terminologia.

1.5 Obiettivi

Gli obiettivi principali di questo studio sono quelli di indagare la prevalenza, la sede corporea interessata e il ruolo della fisioterapia degli infortuni muscolari negli atleti che praticano due specialità con caratteristiche simili: velocità e ostacoli. In particolare, si è posta l'attenzione sull'indagare come alcuni fattori di rischio intrinseci (per esempio la specialità praticata, il genere, l'età) e alcune abitudini di allenamento (per esempio la durata del riscaldamento, l'esecuzione dello stretching, l'allenamento indoor o outdoor) possano influire sull'incidenza degli infortuni in questa tipologia di atleti. Inoltre, per quanto riguarda l'aspetto fisioterapico, sono state verificate e analizzate l'efficacia e la tipologia di alcuni trattamenti riabilitativi.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Disegno dello studio

Il modello di riferimento per lo studio è quello osservazionale trasversale (cross-sectional). È stata utilizzata per la redazione la checklist STROBE per gli studi cross-sectional ⁽³¹⁾.

Gli obiettivi primari di questo studio sono quelli di indagare la prevalenza e il ruolo della fisioterapia negli infortuni muscolari dei velocisti e ostacolisti che praticano atletica leggera. Gli obiettivi secondari sono quelli di indagare come alcuni fattori di rischio e preventivi intrinseci (come il genere maschio o femmina) o estrinseci (come la durata di un riscaldamento) possano essere correlati all'insorgenza di infortuni di tipo muscolare.

Per la realizzazione dello studio, è stato creato un questionario che è stato somministrato, in forma anonima, a velocisti e ostacolisti appartenenti alla Federazione Italiana di Atletica Leggera. Il questionario definitivo è composto da 20 domande, di queste 13 sono obbligatorie e 7 facoltative, mentre 5 sono con possibilità di risposta multipla e 15 senza possibilità di risposta multipla. Inoltre, in 5 domande c'è la possibilità di scrivere una breve risposta aperta.

Il questionario è suddiviso in 3 parti. La prima parte (PARTE I) è composta da domande personali per una raccolta di dati di tipo demografico (età, sesso, peso, altezza). La seconda parte (PARTE II) è composta da domande su alcune abitudini e tipologie di allenamento degli atleti (specialità, ore di allenamento settimanali, esecuzione dello stretching, allenamenti indoor o outdoor, sedute fisioterapiche a scopo preventivo), mirate ad indagare una eventuale corrispondenza con gli infortuni muscolari. La terza parte (PARTE III) è composta da domande

sugli infortuni degli atleti, con lo scopo di indagare la prevalenza, i trattamenti che vengono eseguiti e il ruolo della fisioterapia negli infortuni muscolari.

2.2 Contesto

Le domande del questionario sono state redatte tra gennaio e febbraio 2023. Successivamente, è stato creato il questionario in formato elettronico, sulla piattaforma “Google Moduli”. Dal 1° marzo 2023 al 20 marzo 2023 è iniziato un periodo di somministrazione del questionario, ancora provvisorio, a 5 atleti (velocisti ed ostacolisti), al fine di individuare se vi fossero difficoltà durante la compilazione o criticità di comprensione delle domande. Una volta compilato dai 5 atleti, sono stati intervistati con le domande riportate di seguito.

- a. Hai trovato difficoltà nella compilazione del questionario? Se sì, quali?*
- b. Le domande sono state esposte in modo chiaro? Se alcune domande non sono state esposte in modo chiaro, quali e perché?*
- c. Il questionario è troppo lungo, troppo corto o adeguato?*

Non è emersa nessuna difficoltà nella compilazione del questionario, il questionario aveva una lunghezza adeguata e una domanda non era stata esposta completamente in modo chiaro. La domanda in questione è stata corretta e modificata per il questionario definitivo.

La somministrazione del questionario definitivo si è estesa dal 26 marzo 2023 al 30 maggio 2023. Prima della compilazione, i soggetti sono stati informati della forma anonima del questionario e dell'utilizzo dei dati a scopo didattico per lo studio sperimentale.

2.3 Partecipanti

I partecipanti allo studio che hanno compilato il questionario sono stati reclutati tramite social network (WhatsApp e Instagram). Tramite il seguente link collegato al questionario, <https://docs.google.com/forms/>, tutti gli atleti interpellati hanno potuto decidere autonomamente se compilare o meno il questionario. In primis, sono stati contattati degli atleti che, per ogni specialità di interesse (100, 200, 400, 100/110 ostacoli, 400 ostacoli), facessero parte delle principali società di atletica leggera in Emilia-Romagna. Successivamente, sono stati contattati anche gli atleti posizionati tra i primi 100 posti nelle graduatorie nazionali assolute, per ogni specialità di interesse.

2.4 Questionario somministrato

GLI INFORTUNI DEI VELOCISTI E DEGLI OSTACOLISTI NELL'ATLETICA LEGGERA

Le domande contrassegnate con l'asterisco (*) sono obbligatorie.

PARTE 1 – Domande personali

Età in anni *.....

Sesso *

- Maschio
- Femmina

Peso in kg *.....

Altezza in metri *.....

PARTE 2 – Domande sull'allenamento

1. Quali sono le tue specialità nell'atletica leggera? (si possono inserire più risposte) *

- 100/60 metri
- 200 metri
- 400 metri
- 100/60 metri con ostacoli
- 400 metri con ostacoli

2. Quante volte ti alleni a settimana? *

- 1-2 volte
- 3-4 volte
- 5-6 volte
- 7 o più volte

3. Nelle giornate in cui ti alleni, in media, quante ore dedichi

all'allenamento al giorno in totale? *

- Circa un'ora
- Tra 1h30min a 2h
- Tra 2h e 2h30min
- Più di 2h30min

4. Quanto dura, in media, il tuo riscaldamento per l'allenamento? *

- Meno di 20 minuti
- Dai 20 ai 30 minuti
- Dai 30 ai 40 minuti
- Più di 40 minuti

5. Inserisci lo stretching nel programma di allenamento? *

- Sì
- No

6. Quante volte, in inverno, ti alleni outdoor o a temperature inferiori a 10 gradi? *

- Nessuna o 1 volta
- 2/3 volte
- Più di 3 volte

7. Quante volte, in inverno, ti alleni indoor o a temperature maggiori a 10 gradi? *

- Nessuna o 1 volta
- 2/3 volte
- Più di 3 volte

8. Vai dal fisioterapista periodicamente o solo quando hai un problema fisico? *

- Periodicamente (sia quando ho un problema fisico che quando non ho un problema fisico)
- SOLO quando ho un problema fisico
- Mai

9. Se hai risposto “periodicamente”, con quale frequenza vai dal fisioterapista?

- Almeno una volta alla settimana
- Almeno una volta ogni due settimane
- Almeno una volta al mese
- Almeno una volta ogni 2/3 mesi

PARTE 3 – Domande sugli infortuni

10. Nell’arco degli ultimi 2 anni hai sofferto di disturbi muscolo scheletrici (hai avuto una problematica fisica, infortuni...)? *

- Sì
- No

Rispondere alle domande successive riferendosi alla problematica PRINCIPALE degli ultimi 2 anni, in caso ce ne fosse stata più di una.

11. Se hai risposto “sì” alla prima domanda, la problematica era (si possono inserire più risposte)

- A livello articolare/osseo
- A livello muscolare (contratture, lesioni muscolari)

12. Se hai avuto una problematica agli arti inferiori di tipo muscolare, quale era il gruppo muscolare interessato? (si possono inserire più risposte)

- Ischio crurali (muscoli posteriori della coscia: bicipite femorale, semitendinoso, semimembranoso)
- Loggia anteriore della coscia (per esempio quadricipite, adduttori)
- Loggia posteriore della gamba (per esempio “polpaccio”)
- Loggia anteriore della gamba (per esempio tibiale anteriore)

13. Hai deciso di rivolgerti a qualcuno per risolvere la problematica? (si possono inserire più risposte)

- Nessuno
- Fisioterapista
- Ortopedico/fisiatra
- Osteopata
- Altro (scrivere la risposta)

14. Se ti sei rivolto ad un fisioterapista, quali trattamenti riabilitativi ha

utilizzato? (si possono inserire più risposte)

- Massoterapia
- Fibrolisi
- Tecar/laser
- Esercizio terapeutico
- Altro (scrivere la risposta)

15. Ad oggi, la problematica si è risolta?

- Sì
- No
- Sì, ma solo in parte

16. Durante il periodo con la problematica, hai deciso di interrompere completamente l'attività sportiva o di inserire esercizi di recupero?

- Ho interrotto completamente l'attività sportiva
- Ho svolto altre attività sportive
- Ho iniziato un programma specifico per il recupero dall'infortunio
- Ho continuato ad allenarmi normalmente, compatibilmente con il dolore

2.5 Dimensioni dello studio

Il numero target di questionari da ottenere è stato prefissato a 200, con almeno 100 atleti che avessero avuto un infortunio di tipo muscolare e che avessero almeno 16 anni. A seguito del raggiungimento del numero target, il questionario è stato chiuso per iniziare l'analisi dei dati.

2.6 Metodi statistici

2.6.1 Caratteristiche di partecipanti

Per descrivere le caratteristiche del campione, sono state utilizzate le principali statistiche di sintesi (media, deviazione standard (SD) e frequenze assolute (n) e percentuali (%)).

2.6.2 Analisi delle frequenze

Sono state utilizzate delle frequenze assolute (n) e percentuali (%) per eseguire le analisi esplorative sul campione. In particolare, sono state eseguite delle analisi percentuali degli atleti infortunati e non infortunati, degli atleti che hanno avuto infortuni muscolari, degli atleti che hanno avuto infortuni muscolari agli arti inferiori (della loggia anteriore della coscia, della

loggia posteriore della gamba, degli ischio-crurali e della loggia anteriore della gamba) e degli atleti che si sono rivolti al fisioterapista su tutto il campione.

2.6.3 Analisi delle frequenze stratificate

Successivamente, sono state eseguite delle stratificazioni sul totale dei partecipanti per analizzare determinate caratteristiche in un sottogruppo della popolazione.

In particolare, sono stati selezionati gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare. Di questo sottogruppo sono state analizzate le frequenze assolute (n) e percentuali (%) degli atleti che eseguono più di 3 volte a settimana allenamento outdoor e quelli che eseguono meno di 3 volte a settimana allenamento outdoor, di chi va periodicamente, non va mai e va solo quando ha una problematica fisica dal fisioterapista e di quelli che hanno eseguito rispettivamente massoterapia, esercizio terapeutico, tecar/laser e fibrolisi come trattamento.

Sono stati selezionati anche gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare e si sono rivolti al fisioterapista. Di questi, sono stati analizzati, tramite frequenze assolute (n) e percentuali (%), gli atleti che hanno risolto la problematica fisica totalmente e in parte.

2.6.4 Confronti tra proporzioni

Per poter indagare se vi fosse una differenza significativa nell'incidenza di infortuni muscolari legata a diverse caratteristiche degli intervistati, si è stratificato il campione in base alla caratteristica di interesse (i.e. genere, specialità, esecuzione o meno dello stretching, categoria, lunghezza del riscaldamento, risoluzione della problematica in chi ha svolto un programma specifico per l'infortunio) e sono state confrontate le proporzioni ottenute, mediante dei test χ^2 per il confronto tra proporzioni.

2.6.5 Correlazioni

Successivamente, è stata svolta un'analisi di correlazione mediante test di Pearson per verificare se vi fosse un legame tra le variabili. In particolare, si è indagato il legame tra le ore settimanali di allenamento e l'insorgenza di infortuni muscolari agli arti inferiori.

Il livello di significatività statistica è stato prefissato a $P < 0.05$. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando il software R Commander ⁽³²⁾.

3. RISULTATI

3.1 Analisi statistiche

Sono stati raccolti 210 questionari e nessuno di questi è stato escluso, poiché tutti rispettavano i criteri di inclusione. I dati ottenuti per ciascun paziente sono stati organizzati e tabellati in un data set in formato Microsoft Excel, utilizzato successivamente per le analisi statistiche.

3.1.1 Caratteristiche dei partecipanti

Le caratteristiche demografiche dei partecipanti sono riassunte in Tabella IV. L'età dei pazienti varia dai 16 ai 35 anni, con un'età media pari a 22.32 (\pm 3.36) anni. La maggior parte degli intervistati è composto da donne (57.14%) ed ha un peso medio di 64.43 (\pm 10.3) kg. L'altezza media in tutto il campione è di 173.71 (\pm 8.79) cm.

Tabella IV. Caratteristiche dei partecipanti

Partecipanti (N=210)	
Età, anni, media \pm SD	22.32 \pm 3.36
Sesso, maschi / femmine, n (%)	90 (42.86%) / 120 (57.14%)
Peso, kg, media \pm SD	64.43 \pm 10.3
Altezza, cm, media \pm SD	173.71 \pm 8.79

I valori sono espressi con media \pm deviazione standard (SD) per le variabili quantitative e con frequenza assoluta (n) e frequenza percentuale (%) per le variabili qualitative. N= numero di partecipanti.

3.1.2 Analisi delle frequenze

In Tabella V sono riportate le frequenze assolute e percentuali per le risposte del questionario somministrato. Nella stessa tabella sono state segnalate anche le domande a risposta multipla (che erano anche non obbligatorie). Per queste, la frequenza assoluta è stata calcolata sul totale dei partecipanti.

Tra gli atleti che hanno partecipato allo studio, la maggior parte ha identificato come una delle proprie specialità i 200 metri (37.62%). I velocisti sul totale rappresentano un 99.05%, mentre gli ostacolisti 61.91%.

La maggior parte degli atleti esegue allenamenti della durata di 1 ora e 30 minuti o 2 ore al giorno (46.19%) per 5-6 volte a settimana (75.71%).

Nell'arco degli ultimi due anni 183 (87.14%) atleti su 210 hanno sofferto di disturbi muscolo scheletrici; Nella maggioranza dei casi gli infortuni erano di tipo muscolare (64.36%). Per quanto riguarda gli infortuni muscolari agli arti inferiori, il distretto più interessato è stato quello degli ischio-crurali (48.57%), seguiti dalla loggia posteriore della gamba (17.62%), dalla loggia anteriore della coscia (17.14%), infine dalla loggia anteriore della gamba (3.33%).

Tra tutti gli atleti che hanno avuto dei disturbi muscolo scheletrici, l'80.48% si è rivolto al fisioterapista per la risoluzione della problematica fisica.

Tabella V. Risposte dei questionari

Intervistati (N=210)	
Specialità (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. 100/60 metri	73 (34.76%)
B. 200 metri	79 (37.62%)
C. 400 metri	56 (26.67%)
D. 100/110/60 metri con ostacoli	69 (32.86%)
E. 400 metri con ostacoli	61 (29.05%)
Allenamenti settimanali	
A. 1-2 volte	2 (0.95%)
B. 3-4 volte	20 (9.52%)
C. 5-6 volte	159 (75.71%)
D. 7 o più volte	26 (13.81%)
Ore di allenamento al giorno	
A. 1h circa	1 (0.48%)
B. 1h30min-2h circa	97 (46.19%)
C. 2h-2h30min circa	82 (39.05%)
D. 2h30min o più	30 (14.49%)
Durata riscaldamento	
A. 20 minuti o meno	12 (5.71%)
B. 20/30 minuti	86 (40.95%)
C. 30/40 minuti	80 (38.10%)
D. 40 minuti o più	32 (15.24%)
Stretching	
A. No	15 (7.14%)

B. Sì	195 (92.86%)
Allenamenti settimanali outdoor	
A. Nessuna o 1 volta	19 (9.05%)
B. 2/3 volte	44 (20.95%)
C. 3 volte o più	147 (70%)
Allenamenti settimanali indoor	
A. Nessuna o 1 volta	132 (62.86%)
B. 2/3 volte	43 (20.48%)
C. 3 volte o più	35 (16.67%)
Fisioterapia	
A. Mai	10 (4.76%)
B. Periodicamente (sia quando ho un problema fisico che quando non ho un problema fisico)	106 (50.48%)
C. SOLO quando ho un problema fisico	94 (44.76%)
Frequenza fisioterapia	
A. Almeno una volta a settimana	23 (20.54%)
B. Almeno una volta ogni due settimane	35 (31.25%)
C. Almeno una volta al mese	34 (30.36%)
D. Almeno una volta ogni 2/3 mesi	20 (17.86%)
Infortuni negli ultimi 2 anni	
A. Sì	183 (87.14%)
B. No	27 (12.86%)
Tipologia degli infortuni (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. Articolare/osseo	83 (39.52%)
B. Muscolare (contratture, lesioni muscolari...)	136 (64.76%)
Gruppo muscolare degli arti inferiori interessato, in caso di infortunio agli arti inferiori (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. Ischio crurali	102 (48.57%)
B. Loggia anteriore della coscia	36 (17.14%)
C. Loggia posteriore della gamba	37 (17.62%)
D. Loggia anteriore della gamba	7 (3.33%)
Professionisti sanitari (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. Nessuno	6 (2.86%)
B. Fisioterapista	169 (80.48%)
C. Ortopedico/fisiatra/medico	68 (32.38%)
D. Osteopata	66 (31.43%)
E. Altro	17 (8.10%)
Trattamenti (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. Massoterapia	65 (30.95%)

B. Fibrolisi	31 (14.76%)
C. Tecar/laser	114 (54.29%)
D. Esercizio terapeutico	84 (40%)
E. Altro	18 (8.57%)
Risoluzione dell'infortunio (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. Sì	126 (67.02%)
B. No	10 (5.32%)
C. Sì, ma solo in parte	52 (27.66%)
Attività svolte per il recupero (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. Ho interrotto completamente l'attività sportiva	21 (11.17%)
B. Ho svolto altre attività sportive	17 (9.04%)
C. Ho iniziato un programma specifico di esercizi per il recupero	82 (43.62%)
D. Ho continuato ad allenarmi normalmente, compatibilmente con il dolore	68 (36.17%)

I valori sono espressi come frequenze assolute (n) e percentuali (%) per tutte le variabili discrete.

3.1.3 Analisi delle frequenze stratificate

Tra gli atleti che hanno avuto un infortunio di tipo solo muscolare (n=103), 4 (3.88%) non sono trattati mai dal fisioterapista, 54 (52.43%) sono trattati periodicamente dal fisioterapista e 45 (43.69%) si recano dal fisioterapista solo quando hanno un problema fisico importante. Tutti gli atleti che hanno avuto sia un infortunio muscolare sia un infortunio articolare/osseo (n=33) sono trattati dal fisioterapista, 13 (39.39%) sono trattati periodicamente dal fisioterapista e 20 (60.61%) si recano dal fisioterapista solo quando hanno un problema fisico importante.

Tra gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare (n=103), 25 (24.27%) si allenano outdoor meno di 3 volte a settimana, 78 (75.73%) si allenano più di 3 volte a settimana outdoor, 88 (85.44%) si allenano meno di 3 volte a settimana indoor e 15 (14.56%) atleti si allenano più di 3 volte a settimana indoor.

Gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare e si sono rivolti al fisioterapista sono 97. Di questi, 4 (4.12%) non hanno risolto la problematica fisica, 20 (20.62%) l'hanno risolta solo in parte e 73 (75.26%) hanno risolto la problematica completamente. Gli atleti che hanno avuto un infortunio sia muscolare che un infortunio articolare/osseo e si sono rivolti al fisioterapista sono 31. Di questi 2 (6.45%) non hanno risolto la problematica fisica, 10 (32.26%) l'hanno risolta ma solo in parte e 19 (61.29%) hanno risolto la problematica completamente.

Tra gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare (n=103), quelli che hanno svolto esercizio terapeutico come trattamento erano 50 (48.54%), quelli che hanno svolto fibrolisi 17 (16.5%), quelli che hanno svolto massoterapia 38 (36.89%) e quelli che hanno svolto tecar o laser 60 (58.25%).

3.1.4 Confronti tra proporzioni

Nel campione, le femmine che hanno risposto di aver avuto un infortunio nell'ultimo anno sono 105, i maschi 81. Di questi sottocampioni, 48 sono le femmine hanno avuto un infortunio solo muscolare, mentre 55 sono i maschi. Il valore del P-value permette di affermare che è presente una differenza significativa nel numero di infortuni muscolari legata al sesso ($\chi^2=8.2332$; $P=0.004^*$), con un'incidenza maggiore nel gruppo dei maschi. Tra gli atleti che hanno avuto un infortunio muscolare e un infortunio articolare/osseo 14 sono femmine e 9 sono maschi. In questo caso il valore del P-value permette di affermare che non è presente una differenza significativa nel numero di infortuni sia muscolari che articolari/ossei legata al sesso ($\chi^2=3.5554$, $P=0.059$).

Tra gli atleti che hanno avuto infortuni solo muscolari 81 sono ostacolisti e 22 sono velocisti. Il valore del P-value permette di affermare che non è presente una differenza significativa nel numero di infortuni muscolari legata alla specialità praticata ($\chi^2=0.4192$, $P=0.5173$). Se consideriamo gli sia atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare sia quelli che hanno avuto un infortunio di tipo articolare/osseo e muscolare, 110 sono ostacolisti e 26 sono velocisti. In questo caso il valore del P-value permette di affermare che è presente una differenza significativa nel numero di infortuni muscolari e articolari/ossei legata alla specialità ($\chi^2=4.8727$, $P=0.02729^*$), con un'incidenza maggiore nel gruppo degli ostacolisti.

Gli atleti che hanno avuto un infortunio muscolare ed eseguono stretching sono 94, quelli che non lo eseguono sono 9. I valori del P-value permettono di dire che non c'è una differenza significativa tra chi esegue lo stretching e chi non lo esegue nell'incidenza degli infortuni muscolari ($\chi^2=0.17457$, $P=0.6761$).

Gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare e sono nelle categorie giovanili sono 55, gli assoluti 48. Il P-value indica che non c'è una differenza significativa legata alla categoria di appartenenza ($\chi^2=1.6571$, $P=0.198$). Se consideriamo invece gli atleti che hanno avuto sia infortuni muscolari che articolari/ossei la differenza è significativa ($\chi^2=4.3121$, $P=0.03784^*$), con un'incidenza maggiore nelle categorie giovanili.

Gli atleti che hanno avuto infortuni sia muscolari che articolari/ossei ed eseguono un riscaldamento minore di 20 minuti sono 9, quelli che lo eseguono più lungo di 20 minuti sono 127. I valori del P-value indicano che non c'è una differenza significativa tra chi esegue un riscaldamento più lungo o più corto di 20 minuti ($\chi^2=2.1884$, $P = 0.1391$).

Se consideriamo gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare, quelli che hanno svolto un programma specifico di esercizi per il recupero dall'infortunio sono 81. Di questi, 1 non ha risolto la problematica, 61 l'hanno risolta e 20 l'hanno risolta in parte. Il valore del P-value permette di affermare che c'è una differenza significativa nella risoluzione totale della problematica fisica in chi ha avuto infortuni solo muscolari, con un'incidenza maggiore in chi ha svolto un programma specifico per il recupero dell'infortunio ($\chi^2= 6.3356$, $P=0.0421^*$).

3.1.5 Correlazioni

Dai risultati del test di Pearson, utilizzato per indagare il legame tra le ore settimanali di allenamento e gli infortuni muscolari, è possibile notare la presenza di una correlazione tra le due variabili. In particolare, il P-value minore di 0.05 ($P=3.442e-67^*$) e il coefficiente di correlazione negativo (-0.122) indicano una proporzionalità inversa, quindi all'aumentare delle ore settimanali diminuisce la probabilità di avere un infortunio muscolare.

4. DISCUSSIONE

4.1 Analisi statistica sugli infortuni muscolari

In primo luogo, è stata eseguita un'analisi percentuale degli infortuni muscolari e della loro sede anatomica nei velocisti e ostacolisti.

Su 210 atleti totali, 183 (87.14%) hanno sofferto di disturbi muscolo scheletrici e, nella maggior parte dei casi, le problematiche erano di natura muscolare (64.36%). Questo dato è in accordo con la letteratura in quanto viene spesso sottolineato che, negli sport in cui si eseguono gesti e movimenti ad alte velocità, gli infortuni muscolari sono quelli più frequenti ^{(10) (24) (29) (33) (34)}. Secondo Pollock et al ⁽³³⁾ gli infortuni muscolari rappresentano il 48% di tutti gli infortuni dell'atletica leggera durante le competizioni internazionali. Inoltre, secondo lo studio di Edouard et al ⁽²⁴⁾, in una serie di competizioni internazionali di atletica dal 2007 al 2018, nelle gare di velocità la maggior parte degli infortuni (sia nei maschi che nelle femmine) interessava

il muscolo, con percentuali di 67.6% e 49.4% rispettivamente. Per gli ostacolisti maschi il 51.3% degli infortuni interessavano il muscolo e per le ostacoliste femmine il 27.1%.

Per quanto riguarda gli infortuni muscolari agli arti inferiori, in questo studio il distretto corporeo più interessato è risultato quello degli ischio-crurali (48.57%), seguiti dalla loggia posteriore della gamba (17.62%), dalla loggia anteriore della coscia (17.14%), infine dalla loggia anteriore della gamba (3.33%). Anche questo dato è in accordo con la letteratura, in cui viene esplicitato che la maggior parte degli infortuni, nelle gare che in cui si corre a velocità elevate, proviene dagli ischio-crurali ^{(1) (10) (12) (13) (14) (15) (16)}. L'ipotesi più accreditata per motivare l'alta percentuale di infortuni muscolari in questo distretto, per la velocità e gli ostacoli, sembra essere la contrazione eccentrica che si esegue alla fine della fase di volo della corsa, quando la gamba oscilla in avanti. In questa fase di allungamento, il muscolo viene sottoposto ad uno stress elevato e quindi ad un rischio maggiore di lesionarsi ⁽¹⁰⁾.

4.2 Fattori di rischio: genere, specialità ed età

Per capire se ci fosse una differenza legata al genere, è stata confrontata la presenza di infortuni muscolari negli atleti maschi e nelle atlete femmine tramite il calcolo del P-value. Il valore del P-value ottenuto permette di affermare che è presente una differenza significativa nel numero di infortuni muscolari legata al sesso, con un'incidenza maggiore nel gruppo dei maschi. Questo risultato è in accordo con diversi studi secondo i quali il sesso maschile sembra essere correlato ad un rischio maggiore di infortuni muscolari, soprattutto agli ischio-crurali ^{(11) (14) (22) (23)}. La motivazione sembra risiedere nel fatto che gli uomini hanno in media masse muscolari più sviluppate e producono più forza, quindi sottopongono il muscolo ad uno stress maggiore. Nonostante questi dati, esistono anche analisi i cui risultati sono in disaccordo: per esempio nello studio di D.A. Opar et al ⁽²³⁾ sugli infortuni agli ischio-crurali durante il "Penn Relay Carnival" non è stata rilevata alcuna differenza tra gli atleti universitari maschi e la controparte femminile nel rischio di infortunio. C. Hopkins et al ⁽²⁾, studiando gli infortuni durante le competizioni universitarie americane dal 2010 al 2014, hanno addirittura constatato che le femmine avevano un rischio di infortuni superiore al 18% rispetto agli uomini. Una possibile motivazione spesso citata per spiegare i tassi più elevati di infortuni delle donne rispetto agli uomini risiede nel modello della carenza di energia relativa nello sport ("Relative Energy Deficiency in Sport" o "REDS"). Questo modello si riferisce ad una funzione fisiologica compromessa causata da uno squilibrio tra l'apporto energetico alimentare e il dispendio

energetico richiesto per le attività sportive, in cui si osserva che le atlete hanno una disponibilità energetica minore. Questa carenza può incrementare il rischio di infortuni nelle atlete ma anche il tempo di recupero necessario a seguito di un infortunio.

La letteratura concorda sulla questione che gli infortuni muscolari della zona posteriore della gamba sono tipici di quelle gare che richiedono alte velocità, quindi la velocità e gli ostacoli. Per procedere più nello specifico, si è voluto indagare se ci fosse una differenza anche tra velocisti ed ostacolisti. Il P-value ottenuto permette di dire che non è presente una differenza significativa nel numero di infortuni muscolari legata alla specialità praticata, negli atleti che hanno avuto infortuni solo muscolari. Se si considerano invece sia atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare sia gli atleti che hanno avuto un infortunio di tipo articolare/osseo e muscolare, il valore del P-value indica che è presente una differenza significativa nel numero di infortuni legata alla specialità, con un'incidenza maggiore nel gruppo degli ostacolisti. Nello studio di Tokutake et al ⁽¹³⁾, nel quale sono stati analizzati i fattori di rischio per un infortunio muscolare agli ischio-crurali negli sport che richiedono alte velocità, viene riportato che non c'è una differenza nell'incidenza di infortuni tra i velocisti e gli ostacolisti; anche questo dato suggerisce che il tipo di gara non è un fattore di rischio per la tipologia di infortuni interessata. Viene però aggiunto che un limite dello studio riportato era il campione poco numeroso. Da un punto di vista anatomico gli ischio-crurali della gamba anteriore per gli ostacolisti sono allungati al massimo durante la fase di volo sull'ostacolo; nonostante ciò, solamente un atleta dello studio precedente ha riportato un infortunio agli ischio-crurali. Sia gli atleti che praticano la velocità sia quelli che praticano gli ostacoli possono essere interessati da infortuni muscolari, ma la tipologia di meccanismo lesivo può essere diversa. Esistono due meccanismi principali per gli infortuni agli ischio-crurali: uno avviene durante la contrazione eccentrica nella corsa ed è tipico dei velocisti, l'altro avviene durante l'allungamento massimale del muscolo ed accade soprattutto alla gamba anteriore durante la fase di volo sull'ostacolo ⁽¹⁶⁾. I dati non significativi di questo studio sugli infortuni muscolari potrebbero essere giustificati dal fatto che nel questionario agli atleti non è stata richiesta la diagnosi specifica e la tipologia di infortunio muscolare. Secondo lo studio di P. Edouard ⁽²⁴⁾ sulla frequenza degli infortuni in 14 campionati internazionali di atletica, sia per i velocisti che per gli ostacolisti la maggior parte degli infortuni erano localizzati nella coscia, ma per gli ostacolisti c'era una percentuale elevata anche per gli infortuni legati alla pelle. Ciò accade probabilmente per traumi diretti che possono essere causati da cadute o impatti, dato l'alto rischio nella specialità degli ostacoli. Questo dato è in accordo con il risultato ottenuto in questo studio, in cui risulta significativa la differenza

nell'incidenza di infortuni tra velocisti ed ostacolisti che tiene in considerazione non solo gli infortuni muscolari ma anche quelli articolari/ossei, i quali potrebbero essere causati da traumi diretti come le cadute. Inoltre, sempre nell'ultimo studio citato, viene riportato che i velocisti hanno avuto infortuni soprattutto nella coscia o negli ischio-crurali, mentre gli ostacolisti nella coscia oppure nella zona sotto al ginocchio dell'arto inferiore. Probabilmente negli ostacolisti viene colpita in percentuali più alte l'area del polpaccio a causa dell'azione eccentrica che viene eseguita con la gamba anteriore durante la fase di atterraggio.

Con l'avanzare dell'età, in base alla letteratura, dovrebbe incrementare anche il rischio di infortuni ⁽¹⁷⁾ ⁽²³⁾. Secondo alcuni autori, una riduzione di mobilità e di forza associate ad un aumento di peso, condizioni che si verificano con l'aumentare dell'età, giocano un ruolo importante per infortuni ⁽²³⁾. In questo studio si è confrontata la presenza di infortuni muscolari nelle categorie giovanili (sotto i 23 anni) e in quelle assolute (sopra i 23 anni). Il P-value ottenuto mostra che non c'è una differenza significativa legata all'età se si considerano gli atleti con infortuni solo muscolari, mentre se si considerano gli atleti che hanno avuto sia infortuni muscolari che articolari/ossei la differenza è significativa con un'incidenza maggiore nelle categorie giovanili. Questo risultato non concorda con la letteratura e la causa potrebbe essere racchiusa nel range di età considerato, ovvero atleti di età maggiore o minore di 23 anni. In altri studi potrebbero essere stati considerati altri range di età: per esempio nell'indagine di D. D'Souza ⁽³⁵⁾ sugli infortuni di atletica in Inghilterra, è risultata un'incidenza maggiore negli atleti con un'età più avanzata rispetto alla controparte giovanile, ma con una soglia impostata a 30 anni.

4.3 Fattori preventivi: elevata temperatura, riscaldamento adeguato, stretching e ore di allenamento settimanali

In letteratura viene spesso considerata, sia come fattore preventivo per gli infortuni di tipo muscolare, ma anche come ottimizzante della performance, l'elevata temperatura del corpo e del muscolo stesso ⁽²²⁾ ⁽³⁶⁾. Perciò, sia l'eseguire un adeguato riscaldamento, sia l'allenarsi a temperature più alte, si può ipotizzare che possano essere fattori preventivi. Dunque, si è cercato di indagare se eseguire un allenamento indoor, quindi a temperature maggiori, potesse influire sull'incidenza di infortuni. Uno degli obiettivi era quello di verificare la presenza di un infortunio muscolare negli atleti che si allenano outdoor o indoor in inverno. Tra gli atleti analizzati che hanno avuto un infortunio solo muscolare (n=103), 25 (24.27%) si allenano

outdoor meno di 3 volte a settimana, 78 (75.73%) si allenano più di 3 volte a settimana outdoor, 88 (85.44%) si allenano meno di 3 volte a settimana indoor e 15 (14.56%) atleti si allenano più di 3 volte a settimana indoor. Questi dati mostrano che, tra gli atleti che hanno sofferto di un infortunio muscolare, gli atleti che si allenano più di 3 volte a settimana outdoor e meno di 3 volte a settimana indoor sono più numerosi rispetto agli atleti che si allenano meno di 3 volte outdoor e più di 3 volte indoor. Quindi, gli atleti che si allenano a temperature più basse hanno sofferto più di infortuni muscolari rispetto agli atleti che si allenano a temperature più alte. In letteratura, al momento, non sono presenti studi che verifichino questa corrispondenza.

Per valutare l'impatto di un adeguato riscaldamento, è stata confrontata la presenza di un infortunio muscolare in chi esegue un riscaldamento più lungo o più corto di 20 minuti. I valori del P-value ottenuti dall'analisi indicano che non c'è una differenza significativa tra le due popolazioni. Secondo alcuni studi invece, un adeguato riscaldamento è fattore preventivo agli infortuni muscolari ^{(22) (37)}, quindi i risultati di questa analisi non sono in accordo con la letteratura. In questo studio però è stata indagata l'adeguatezza del riscaldamento sulla base di tempistiche (ovvero un riscaldamento più lungo o più corto di 20 minuti); può essere che negli studi in letteratura il fattore del riscaldamento sia stato indagato in base al suo contenuto (per esempio gli esercizi che si eseguono durante il riscaldamento o lo stretching).

Sono diverse le indagini che considerano un fattore preventivo per gli infortuni muscolari quello di eseguire periodicamente esercizi di stretching per incrementare la flessibilità del muscolo ^{(17) (19) (20) (22) (36) (37)}. I deficit di flessibilità degli ischio-crurali sono stati identificati come fattori di rischio per gli infortuni muscolari, ma ancora non è chiaro se incrementare la flessibilità ne riduce il rischio ^{(14) (37)}. Nella popolazione considerata, molti atleti eseguono lo stretching (n=94), ma il valore del P-value indica che non c'è una differenza significativa tra chi esegue lo stretching e chi non lo esegue nell'incidenza degli infortuni muscolari. In questo caso però la mancanza di significatività può essere connessa al fatto che nel questionario non è stato richiesto di specificare né la tipologia di stretching, se statico o dinamico, né in che momento dell'allenamento viene eseguito dall'atleta. Gli studi che hanno confrontato gli effetti dello stretching dinamico e statico hanno riportato miglioramenti più che doppi del range di movimento con quello statico rispetto al dinamico. Ci si aspetterebbe che un range di movimento aumentato riduca lo stress e la tensione su muscoli, contribuendo probabilmente a una minore incidenza di infortuni. Questo vantaggio, oltretutto, sarebbe più rilevante negli sport che costringono l'individuo a compiere un'escursione di movimento maggiore come lo sprint, rispetto ai benefici limitati per gli sport con un'escursione di movimento più limitata come la

corsa di fondo ⁽³⁶⁾. Una metanalisi ha evidenziato che l'allenamento dello stretching dinamico ha migliorato le prestazioni dell'atleta (ad esempio in velocità, agilità, forza e potenza isometrica, isoinerziale, isocinetica ed equilibrio) in 20 studi. Il miglioramento delle prestazioni muscolari indotto è stato attribuito ad una serie di fattori, tra cui l'elevata temperatura muscolare e corporea raggiunta tramite lo stretching dinamico ⁽³⁶⁾. In alcune ricerche sugli effetti dello stretching sulla performance, lo stretching statico prima della prestazione sportiva ha avuto come risultato un effetto negativo, mentre lo stretching dinamico prima della prestazione sportiva un effetto positivo ⁽³⁷⁾. In conclusione, lo stretching dinamico potrebbe essere potenzialmente considerato sia un fattore preventivo per gli infortuni, sia un fattore migliorativo della performance.

Per concludere, è stata condotta un'analisi volta ad indagare il legame tra le ore settimanali di allenamento e gli infortuni muscolari, al fine di verificare se ci fosse una correlazione tra le due variabili. In generale, è opinione comune pensare che il carico eccessivo di allenamenti sia causa dell'incidenza di infortuni considerati da "overuse" ⁽³⁵⁾.

In realtà, il P-value ottenuto, minore di 0.05, e il coefficiente di correlazione negativo (-0.122), indicano una proporzionalità inversa; quindi, all'aumentare delle ore settimanali diminuisce la probabilità di avere un infortunio muscolare. Questo risultato indica che molte ore di allenamento settimanali non sono correlate ad infortuni muscolari e che, al contrario, più un atleta si allena, meno soffre di problematiche muscolari. Anche nello studio di D. D'Souza ⁽³⁵⁾ non è stata riscontrata alcuna correlazione significativa tra le ore di allenamento settimanali e l'incidenza di infortuni.

4.4 Ruolo della fisioterapia

Tra tutti gli atleti che hanno avuto dei disturbi muscolo-scheletrici, l'80.48% si è rivolto al fisioterapista per la risoluzione della problematica fisica. Questa percentuale così alta, che supera anche quella dei medici (coinvolti con una percentuale del 32.38%), suggerisce l'importanza della figura sanitaria del fisioterapista in ambito sportivo. A supporto di questo risultato è importante sottolineare non solo l'ambito riabilitativo, ma anche l'ambito preventivo in cui lavora il fisioterapista: molti atleti, infatti, si fanno trattare anche in assenza di un infortunio, soprattutto dopo periodi di allenamenti intensi o prima di una gara. In questo studio, tra gli atleti che hanno avuto un infortunio di tipo solo muscolare (n=103), 54 (52.43%) sono trattati periodicamente dal fisioterapista, mentre tra gli atleti che hanno avuto sia un infortunio

muscolare sia un infortunio articolare/osseo (n=33), 13 (39.39%) sono trattati periodicamente dal fisioterapista.

Un importante obiettivo di questo studio era quello di indagare la risoluzione di problematiche muscolari negli atleti che hanno avuto un infortunio e si sono rivolti al fisioterapista. Di questi atleti, 4 (4.12%) non hanno risolto la problematica fisica, 20 (20.62%) l'hanno risolta solo in parte e 73 (75.26%) l'hanno risolta completamente. Il fisioterapista, dunque, nella maggior parte dei casi, con il suo trattamento ha risolto la problematica fisica dell'atleta.

Tra gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare (n=103), i trattamenti più utilizzati dal fisioterapista sono stati laser o tecar (n=60, 58.25%), esercizio terapeutico (n=50, 48.54%) e massoterapia (n=38, 36.89%).

Per quanto riguarda le terapie fisiche, ovvero il laser o la tecar, la letteratura a riguardo non è molto corposa. In uno studio di D. A. Szabo ⁽³⁸⁾ viene analizzato il trattamento tramite tecar, laser e terapia manuale per i disordini muscolari: il risultato è stato che la combinazione dei tre trattamenti ha avuto come effetti un miglioramento sulla mobilità, riparazione del tessuto, stabilità e infiammazione (per la terapia manuale), una diminuzione dei mediatori pro-infiammatori, con conseguente totale eradicazione dell'infiammazione (per il laser) e una stimolazione della vascolarizzazione tramite il calore, che favorisce il riposo dei tessuti (per la tecar). In una revisione, il laser utilizzato a bassa intensità sembra avere un effetto positivo sulla riduzione dell'affaticamento muscolare ⁽³⁹⁾. A riguardo, sono necessari altri studi per definire con più accuratezza l'efficacia del trattamento tramite la terapia fisica.

Secondo la letteratura, il trattamento più efficace sia a livello riabilitativo che preventivo negli infortuni muscolari è l'esercizio terapeutico, in particolare l'esercizio eccentrico ^{(14) (16) (19) (20) (22) (37) (40) (41)}. La riduzione della forza degli ischio-crurali, sia in quantità sia in resistenza, è associata ad un rischio maggiore di infortuni muscolari in questo distretto, mentre esercizi di rinforzo sono associati ad un rischio minore ⁽¹⁴⁾. Tuttavia, secondo lo studio di Edouard P. et al ⁽¹⁴⁾, dall'8 al 17% degli atleti provenienti da discipline con elevata prevalenza di infortuni muscolari agli ischio-crurali (vale a dire velocità e ostacoli), non eseguono il rinforzo muscolare. È stato condotto uno studio da Rok V. et al ⁽¹⁹⁾ che analizza gli effetti dell'esercizio preventivo sull'incidenza degli infortuni agli ischio-crurali e i risultati hanno mostrato che l'esercizio può ridurre l'incidenza del 50%. L'esercizio eccentrico per i muscoli posteriori della coscia è un trattamento comune nella riabilitazione per gli infortuni muscolari agli ischio-crurali. Un carico alto sembra essere la chiave per incrementare la forza e l'allungamento dei muscoli, riducendo il rischio di infortunio. Dato che un deficit sia nella forza che nell'allungamento si verifica a seguito di un infortunio muscolare, un carico eccentrico

progressivo, come nel “Nordic Hamstring Exercise” (NHE), dovrebbe essere implementato durante la riabilitazione ⁽⁴⁰⁾. Questi esercizi eccentrici vengono introdotti di solito dopo che il dolore e il deficit di forza isometrica durante la flessione di ginocchio sono stati risolti ⁽⁴⁰⁾. In aggiunta, esercizi per gli estensori d'anca dovrebbero essere proposti per caricare sui muscoli posteriori della coscia a lunghezze muscolari maggiori: anche muscoli monoarticolari, come il grande gluteo o il grande adduttore, dovrebbero essere considerati se la valutazione clinica mostra dei deficit in essi, in quanto svolgono un ruolo chiave nella produzione di forza durante la fase di accelerazione dello sprint. L'esercizio per l'estensione di anca, chiamato “Hip Trust”, svolto in maniera bilaterale può essere introdotto sin dall'inizio della riabilitazione, progredendo nel corso del tempo verso una variazione unilaterale, esplosiva e caricata in base al peso corporeo. Nella riabilitazione per gli infortuni muscolari vengono anche aggiunti esercizi di flessibilità, in particolare per i velocisti, per ridurre i deficit in flessione di anca ed estensione di ginocchio ⁽⁴⁰⁾.

Dalle analisi di questo studio, tra gli atleti che hanno avuto un infortunio solo muscolare, sono stati selezionati quelli che hanno svolto un programma specifico di esercizi per il recupero dall'infortunio, indicato dal fisioterapista (n=81). Di questi, soltanto 1 non ha risolto la problematica, 61 l'hanno risolta e 20 l'hanno risolta in parte. Il valore del P-value permette di affermare che c'è una differenza significativa nella risoluzione totale della problematica fisica in chi ha avuto infortuni solo muscolari, con un'incidenza maggiore in chi ha svolto un programma specifico per il recupero dell'infortunio. Questo dato supporta sia l'importanza del fisioterapista nel trattamento di infortuni muscolari, sia l'efficacia dell'esercizio terapeutico in queste patologie.

Molti allenatori, atleti e professionisti sanitari ritengono, sulla base di studi ed esperienze, che il massaggio possa fornire numerosi benefici al corpo: la pressione meccanica può aumentare il flusso sanguigno, con conseguente riduzione della tensione muscolare, e lo sfregamento può incrementare la temperatura corporea. È stato dimostrato che il massaggio post-esercizio riduce l'intensità del dolore muscolare, ma non ha effetti sulla perdita di funzionalità muscolare. I meccanismi di ciascuna tecnica di massaggio non sono ancora stati completamente studiati; perciò, per avere una visione più completa, saranno necessarie altre ricerche ⁽⁴²⁾.

4.5 Limiti

Uno dei limiti di questo studio risiede nella grandezza del campione: il numero di questionari ottenuti (n=210) era sufficiente, ma il sottogruppo considerato per la maggior parte delle analisi,

ovvero gli atleti che hanno sofferto di infortuni solo muscolari, non era così numeroso (n=103). Oltretutto, molto spesso per le analisi sono stati considerati gli atleti che hanno sofferto sia di infortuni di natura muscolare sia quelli di natura articolare/ossea: in questi casi non è stato possibile definire a priori se un fattore di rischio o preventivo sia correlato all'infortunio di una tipologia o dell'altra.

Nel questionario, inoltre, non è stata richiesta una diagnosi specifica (ecografica o medica) degli infortuni muscolari, questo perché non sempre gli atleti hanno la possibilità di eseguire accertamenti specifici. Sicuramente però, una diagnosi più accurata sarebbe utile per capire le differenze, sia in termini di prevenzione che di trattamento, tra un grado dell'infortunio e l'altro. Non sono state considerate le influenze culturali ed etniche sulla storia degli infortuni muscolari. Inoltre, non sono stati presi in considerazione fattori personali che potrebbero aver contribuito all'incidenza di infortuni muscolari, come un precedente infortunio.

5. CONCLUSIONE

I risultati di questo studio indicano che, tra velocisti e ostacolisti, particolare attenzione dovrà essere posta agli infortuni di tipo muscolare nella zona degli ischio-crurali. Il sesso maschile è quello più colpito, ma percentuali alte sono visibili anche nelle atlete universitarie. Per i velocisti la fase più rischiosa per gli ischio-crurali è quella eccentrica (durante la fase di volo), per gli ostacolisti è la fase di attacco della gamba anteriore. L'età non è risultata un fattore di rischio sopra o sotto i 23 anni, ma ulteriori studi saranno necessari, in range di età differenti, per ottenere una risposta più specifica. Gli atleti che si allenano indoor hanno una percentuale più bassa di infortuni muscolari, questo dato suggerisce che l'elevata temperatura corporea e dell'ambiente può essere un fattore preventivo. Ulteriori analisi sulla tipologia di stretching, se statico o dinamico, dovranno essere eseguite per capire se può essere considerato un fattore preventivo per gli infortuni muscolari. Inoltre, il sovraccarico di allenamenti non è un fattore predisponente agli infortuni muscolari per i velocisti e ostacolisti.

La fisioterapia ha un ruolo fondamentale nella gestione degli infortuni: i fisioterapisti sono i professionisti sanitari più coinvolti e, nella maggior parte dei casi, hanno risolto la problematica fisica. Il trattamento con più evidenza scientifica e che ha avuto effetti migliori sui pazienti è l'esercizio terapeutico, in particolare l'esercizio eccentrico per gli ischio-crurali.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Kelly S, Pollock N, Polglass G, Clarsen B. *Injury and Illness in Elite Athletics: A Prospective Cohort Study Over Three Seasons*. Int J Sports Phys Ther, 2022; 17(3):420-433.
2. Hopkins C, Williams J, Rauh MJ, Zhang L. *Epidemiology of NCAA Track and Field Injuries From 2010 to 2014*. Orthop J Sports Med, 2022; 10(1):23259671211068079.
3. Carr G. *Fundamentals of track and field*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 1999.
4. Duffield R, Dawson B, Goodman C. *Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events*. J Sci Med Sport, 2004 Sep; 7(3):302-13.
5. Neumann D A. *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 2016
6. Anastasi G, et al. *Trattato di anatomia umana*. 4th ed. Milano: Edi-Ermes; 2006.
7. Bottinelli R, Reggiani C. *Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity*. Prog Biophys Mol Biol, 2000; 73(2-4):195-262.
8. Mero A, Komi PV, Gregor RJ. *Biomechanics of sprint running. A review*. Sports Med, 1992; 13(6):376-92.
9. Tidow G. *Model technique analysis sheets for the hurdles part VII: high hurdles*. New studies in athletics, 1991; 6(2):51-66
10. Macdonald B, McAleer S, Kelly S, Chakraverty R, Johnston M, Pollock N. *Hamstring rehabilitation in elite track and field athletes: applying the British Athletics Muscle Injury Classification in clinical practice*. Br J Sports Med, 2019; 53(23):1464-1473.
11. Edouard P, Hollander K, Navarro L, Lacourpaille L, Morales-Artacho AJ, Hanon C, Morin JB, Le Garrec S, Branco P, Junge A, Guilhem G. *Lower limb muscle injury location shift from posterior lower leg to hamstring muscles with increasing discipline-related running velocity in international athletics championships*. J Sci Med Sport, 2021; 24(7):653-659.
12. Malliaropoulos N, Isinkaye T, Tsitas K, Maffulli N. *Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes*. Am J Sports Med, 2011; 39(2):304-10.
13. Tokutake G, Kuramochi R, Murata Y, Enoki S, Koto Y, Shimizu T. *The Risk Factors of Hamstring Strain Injury Induced by High-Speed Running*. J Sports Sci Med, 2018; 17(4):650-655.
14. Edouard P, Pollock N, Guex K, Kelly S, Prince C, Navarro L, Branco P, Depiesse F, Gremeaux V, Hollander K. *Hamstring Muscle Injuries and Hamstring Specific Training*

- in Elite Athletics (Track and Field) Athletes*. Int J Environ Res Public Health, 2022; 19(17):10992.
15. Chumanov ES, Heiderscheid BC, Thelen DG. *The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting*. J Biomech, 2007; 40(16):3555-62.
 16. Malliaropoulos NG. *Non contact Hamstring injuries in sports*. Muscles Ligaments Tendons J, 2013; 2(4):309-11.
 17. Higashihara A, Ono T, Tokutake G, Kuramochi R, Kunita Y, Nagano Y, Hirose N. *Hamstring muscles' function deficit during overground sprinting in track and field athletes with a history of strain injury*. J Sports Sci, 2019; 37(23):2744-2750.
 18. Yu B, Queen RM, Abbey AN, Liu Y, Moorman CT, Garrett WE. *Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting*. J Biomech, 2008; 41(15):3121-6.
 19. Vatovec R, Kozinc Ž, Šarabon N. *Exercise interventions to prevent hamstring injuries in athletes: A systematic review and meta-analysis*. Eur J Sport Sci, 2020; 20(7):992-1004.
 20. Rudisill SS, Varady NH, Kucharik MP, Eberlin CT, Martin SD. *Evidence-Based Hamstring Injury Prevention and Risk Factor Management: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials*. Am J Sports Med, 2023; 51(7):1927-1942.
 21. Boltz AJ, Roby PR, Robison HJ, Morris SN, Collins CL, Chandran A. *Epidemiology of Injuries in National Collegiate Athletic Association Men's Track and Field: 2014-2015 Through 2018-2019*. J Athl Train, 2021; 56(7):788-794.
 22. Edouard P, Depiesse F, Branco P, Alonso JM. *Analyses of Helsinki 2012 European Athletics Championships injury and illness surveillance to discuss elite athletes risk factors*. Clin J Sport Med, 2014; 24(5):409-15.
 23. Opar DA, Drezner J, Shield A, Williams M, Webner D, Sennett B, Kapur R, Cohen M, Ulager J, Cafengiu A, Cronholm PF. *Acute hamstring strain injury in track-and-field athletes: A 3-year observational study at the Penn Relay Carnival*. Scand J Med Sci Sports, 2014; 24(4):e254-9.
 24. Edouard P, Navarro L, Branco P, Gremeaux V, Timpka T, Junge A. *Injury frequency and characteristics (location, type, cause and severity) differed significantly among athletics ('track and field') disciplines during 14 international championships (2007-2018): implications for medical service planning*. Br J Sports Med, 2020; 54(3):159-167.

25. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, Orchard J, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, Schamasch P, Blottner D, Swaerd L, Goedhart E, Ueblacker P. *Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement*. Br J Sports Med, 2013; 47(6):342-50.
26. O'Donogue DO. *Treatment of injuries to athletes*. Philadelphia: WB Saunders, 1962
27. Takebayashi S, Takasawa H, Banzai Y, et al. *Sonographic findings in muscle strain injury: clinical and MR imaging correlation*. J Ultrasound Med, 1995; 14:899–905.
28. Stoller DW. *MRI in orthopaedics and sports medicine*. 3rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott, 2007.
29. Pollock N, James SL, Lee JC, Chakraverty R. *British athletics muscle injury classification: a new grading system*. Br J Sports Med, 2014; 48(18):1347-51.
30. Patel A, Chakraverty J, Pollock N, Chakraverty R, Suokas AK, James SL. *British athletics muscle injury classification: a reliability study for a new grading system*. Clin Radiol, 2015; 70(12):1414-20.
31. Von Elm E, et al. *The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement*. Epidemiology, 2007; 18(6): 800-804.
32. Fox J, Bouchet-Valat M. *Rcmdr: R Commander. R package version 2.7-2*. 2021
33. Malliaropoulos N, Papacostas E, Kiritsi O, Papalada A, Gougoulias N, Maffulli N. *Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes*. Am J Sports Med, 2010; 38(9):1813-9.
34. Valle X, Alentorn-Geli E, Tol JL, Hamilton B, Garrett WE Jr, Pruna R, Til L, Gutierrez JA, Alomar X, Balius R, Malliaropoulos N, Monllau JC, Whiteley R, Witvrouw E, Samuelsson K, Rodas G. *Muscle Injuries in Sports: A New Evidence-Informed and Expert Consensus-Based Classification with Clinical Application*. Sports Med, 2017; 47(7):1241-1253.
35. D'Souza D. *Track and field athletics injuries--a one-year survey*. Br J Sports Med, 1994; 28(3):197-202.
36. Behm DG, Alizadeh S, Daneshjoo A, Konrad A. *Potential Effects of Dynamic Stretching on Injury Incidence of Athletes: A Narrative Review of Risk Factors*. Sports Med, 2023; 53(7):1359-1373.
37. Sugiura Y, Sakuma K, Sakuraba K, Sato Y. *Prevention of Hamstring Injuries in Collegiate Sprinters*. Orthop J Sports Med, 2017; 5(1):2325967116681524.
38. Szabo DA, Neagu N, Teodorescu S, Predescu C, Sopa IS, Panait L. *TECAR Therapy Associated with High-Intensity Laser Therapy (Hilt) and Manual Therapy in the*

Treatment of Muscle Disorders: A Literature Review on the Theorised Effects Supporting Their Use. J Clin Med, 2022; 11(20):6149.

39. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA. *Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light.* Photonics Lasers Med, 2012; 1(4):267-286.
40. Hickey JT, Opar DA, Weiss LJ, Heiderscheidt BC. *Hamstring Strain Injury Rehabilitation.* J Athl Train, 2022; 57(2):125-135.
41. Edouard P, Cugy E, Dolin R, Morel N, Serra JM, Depiesse F, Branco P, Steffen K. *The Athletics Injury Prevention Programme Can Help to Reduce the Occurrence at Short Term of Participation Restriction Injury Complaints in Athletics: A Prospective Cohort Study.* Sports (Basel), 2020; 8(6):84.
42. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. *The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention.* Sports Med, 2005; 35(3):235-56.