



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOMEDICHE E NEUROMOTORIE - DIBINEM

**CORSO DI LAUREA IN
FISIOTERAPIA**

INFORTUNI MUSCOLO-SCHELETRICI NEGLI ATLETI DI PATTINAGGIO DI VELOCITÀ IN LINEA: UNO STUDIO OSSERVAZIONALE

Tesi di Laurea in Metodologia della Ricerca Applicata

Relatore

Prof.ssa Lucia Bertozzi

Presentata da

Alice Rossini

Sessione novembre 2025

Anno Accademico 2024/2025



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOMEDICHE E NEUROMOTORIE - DIBINEM

**CORSO DI LAUREA IN
FISIOTERAPIA**

INFORTUNI MUSCOLO-SCHELETRICI NEGLI ATLETI DI PATTINAGGIO DI VELOCITÀ IN LINEA: UNO STUDIO OSSERVAZIONALE

Tesi di Laurea in Metodologia della Ricerca Applicata

Relatore

Prof.ssa Lucia Bertozzi

Presentata da

Alice Rossini

Sessione novembre 2025

Anno Accademico 2024/2025

ABSTRACT

INTRODUZIONE: il pattinaggio di velocità in linea comprende due principali specialità, velocità e fondo, caratterizzate da elevati carichi muscolari e gesti tecnici simili. Gli infortuni più frequenti in queste discipline sono di tipo muscolare, con una maggiore incidenza a carico dei muscoli adduttori. L'obiettivo del presente studio è indagare la prevalenza degli infortuni muscolo scheletrici negli atleti agonisti di pattinaggio di velocità in linea, analizzandone i fattori di rischio e il ruolo della fisioterapia nella gestione e nella prevenzione.

MATERIALI E METODI: È stato somministrato un questionario online a 124 atleti agonisti maggiorenni di pattinaggio di velocità in linea, volto a raccogliere informazioni su dati demografici e antropometrici, modalità di allenamento, infortuni muscolo-scheletrici e i loro trattamenti. I dati sono stati analizzati mediante statistiche descrittive e test inferenziali (test χ^2 e correlazioni di Pearson, $p < 0,05$).

RISULTATI: gli infortuni muscolari rappresentano la problematica più frequente (62,64%), con prevalenza a carico degli adduttori, seguiti da quadricipite e muscolatura lombare. È emersa una differenza statisticamente significativa nell'incidenza degli infortuni in relazione alla specialità praticata ($p = 0,045$), con maggiore frequenza nei velocisti rispetto ai fondisti, e tra tipologia di infortunio e meccanismo di insorgenza ($p < 0,0001$), con le lesioni muscolari associate al gesto tecnico e i traumi articolari/ossei alle cadute. La maggior parte degli atleti con infortunio muscolare (87,72%) si è affidata al fisioterapista, ottenendo nella maggioranza dei casi una risoluzione completa o parziale della sintomatologia.

DISCUSSIONE: i risultati confermano che gli infortuni muscolari, in particolare agli adduttori, rappresentano la principale criticità nel pattinaggio di velocità. I velocisti sono più esposti rispetto ai fondisti, mentre l'allenamento a basse temperature ($<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) potrebbe aumentare la suscettibilità al danno muscolare. Il carico settimanale di allenamento non è risultato un fattore di rischio significativo. Tra i trattamenti fisioterapici più utilizzati nel campione, l'esercizio terapeutico, in particolare quello eccentrico e progressivo, è risultato il più efficace secondo la letteratura, mentre la terapia manuale svolge un ruolo di supporto.

CONCLUSIONE: la fisioterapia riveste un ruolo fondamentale nella gestione degli infortuni muscolari nel pattinaggio di velocità in linea. Particolare attenzione deve essere rivolta al rinforzo e al controllo neuromotorio degli adduttori, soprattutto nei velocisti. Per ridurre i traumi articolari e ossei, è raccomandato l'utilizzo di adeguate protezioni durante l'allenamento e la competizione.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Inline speed skating includes two main specialties, sprint and long-distance, both characterized by high muscular demands and similar technical movements. The most frequent injuries in these disciplines are muscular, with a higher incidence involving the adductor muscles. The aim of this study was to investigate the prevalence of musculoskeletal injuries among competitive inline speed skaters, analyzing risk and protective factors as well as the role of physiotherapy in their management and prevention.

MATERIALS AND METHODS: An online questionnaire was administered to 124 adult competitive inline speed skaters to collect demographic and anthropometric data, training habits, details of musculoskeletal injuries, and related treatments. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential tests (χ^2 test and Pearson's correlations, $p < 0.05$).

RESULTS: Muscle injuries were the most common issue (62.64%), with a higher prevalence in the adductors, followed by the quadriceps and lumbar muscles. A statistically significant difference was found in the incidence of injuries according to the skating specialty ($p = 0.045$), with sprinters reporting more muscle injuries than long-distance skaters, and between injury type and mechanism of onset ($p < 0.0001$), with muscle injuries mainly associated with technical movement and joint/bone injuries with falls. Most athletes with muscle injuries (87.72%) sought physiotherapy treatment, achieving complete or partial symptom resolution in most cases.

DISCUSSION: The results confirm that muscle injuries, particularly adductor strains, represent the main issue in inline speed skating. Sprinters appear to be at higher risk than long-distance skaters, while training at low temperatures ($<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) may increase susceptibility to muscle damage. Weekly training volume was not identified as a significant risk factor. Among the physiotherapy treatments reported, therapeutic exercise, especially eccentric and progressive programs, proved to be the most effective according to literature, while manual therapy played a complementary role.

CONCLUSION: Physiotherapy plays a key role in the management of muscle injuries in inline speed skating. Particular attention should be given to strengthening and neuromuscular control of the adductors, especially in sprinters. To reduce joint and bone injuries, consistent use of adequate protective equipment during training and competition is recommended.

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	8
1.1 Il pattinaggio di velocità in linea: caratteristiche generali.....	8
1.2 Velocisti e Fondisti: differenze fisiologiche.....	9
1.3 Fibre muscolari: differenze tra velocisti e fondisti.....	10
1.4 Biomeccanica del pattinaggio di velocità in linea.....	12
<u>Biomeccanica del gesto e fattori di rischio</u>	12
<u>Biomeccanica della curva e asimmetrie funzionali nel pattinaggio di velocità</u>	15
<u>Biomeccanica della partenza, accelerazione e mantenimento della velocità</u>	15
1.5 Contrazione muscolare e co-attivazioni	18
1.6 Epidemiologia degli infortuni nel pattinaggio di velocità	19
1.7 British Athletics Muscle Injury Classification (BAMIC)	20
1.8 Obiettivi.....	23
2. MATERIALI E METODI.....	23
2.1 Disegno dello studio.....	23
<u>Studio osservazionale trasversale</u>	24
<u>Aspetti etici</u>	24
<u>Struttura del questionario</u>	25
2.2 Contesto.....	26
2.3 Campione	27
2.4 Questionario	28
2.5 Dimensioni dello studio.....	30
2.6 Metodi statistici.....	30
<u>Caratteristiche dei partecipanti</u>	30
<u>Analisi delle frequenze</u>	31
<u>Analisi delle frequenze stratificate</u>	31
<u>Confronto tra proporzioni</u>	32
<u>Correlazioni</u>	32
3. RISULTATI.....	32
3.1 Analisi statistiche	32
<u>Caratteristiche dei partecipanti</u>	33
<u>Analisi delle frequenze</u>	33
<u>Analisi delle frequenze stratificate</u>	36
<u>Confronto tra proporzioni</u>	37
<u>Correlazioni</u>	41
4. DISCUSSIONE	41

4.1 Analisi statistica sugli infortuni muscolari	41
4.2 Fattori di rischio	42
<u>Specialità</u>	42
<u>Basse temperature</u>	43
4.3 Fattori protettivi	44
<u>Stretching</u>	44
<u>Defaticamento e Riscaldamento</u>	45
<u>Ore di allenamento settimanali</u>	46
4.4 Tipologia di infortuni: gesto tecnico VS trauma da impatto.....	47
4.5 Ruolo della fisioterapia	48
<u>Fisioterapia e gestione degli infortuni muscolari</u>	48
<u>Programma riabilitativo per l'infortunio agli adduttori</u>	49
<u>Fisioterapia e prevenzione delle lesioni agli adduttori</u>	50
4.6 Limiti.....	51
5. CONCLUSIONI.....	53
6. BIBLIOGRAFIA.....	54

1. INTRODUZIONE

1.1 Il pattinaggio di velocità in linea: caratteristiche generali

Il pattinaggio di velocità in linea, noto anche come *roller speed skating* è una disciplina sportiva individuale in cui gli atleti indossano scarpe dotate di 3 o 4 ruote disposte in linea, fissate a un telaio collocato sotto la suola. Le competizioni possono svolgersi sia indoor, su piste in parquet plastificato o cemento trattato, sia outdoor, su strade urbane, circuiti stradali o piste apposite lunghe 200 metri. Queste ultime hanno generalmente forma ellittica, caratterizzata da due rettilinei e due curve.

Le gare si suddividono in due specialità: gare di velocità e gare di fondo. La maggior parte di esse si disputa in gruppo, ad eccezione delle prove sui 100 e 200 metri, che sono individuali. Le velocità raggiunte sono molto elevate e variano in base al tipo di superficie della pista, al raggio delle curve e alla lunghezza dei rettilinei.

L'obiettivo delle competizioni è raggiungere la massima velocità possibile. Per farlo, gli atleti si avvalgono di diversi accorgimenti: materiali tecnici che riducono la resistenza aerodinamica, posture di pattinata più efficaci, telai e scarponi in materiali avanzati (come il carbonio) e ruote ad alte prestazioni.

La natura inclusiva del pattinaggio in linea lo rende accessibile a partecipanti di ogni età, dai bambini sotto i 9 anni agli over 60, con ampia partecipazione di entrambi i sessi. ⁽¹⁾

Tabella I: Distanze ufficiali nel pattinaggio di velocità in linea per atleti over 18 anni

DISTANZA	DISCIPLINA	CATEGORIA DI GARA
100m	Sprint	Individuale su strada in corsia
1 giro crono atleti contrapposti (200m)	Sprint	Individuale/Crono su pista
500m	Sprint	Gara diretta su strada/su pista
1000m	Mezzofondo	Gara diretta su pista
5000m	Fondo	Gara a punti su pista
10'000m	Fondo	Gara a punti su strada
10'000m	Fondo	Gara a eliminazione su pista
15'000m	Fondo	Gara a eliminazione su strada
5'000m	Fondo	Gara In linea su strada
10'000m	Fondo	Gara In linea su strada
Maratona (42km)	Fondo	Gara su strada

La Tabella I riassume le principali distanze previste nel pattinaggio di velocità in linea, suddivise in base alla disciplina (Sprint, Mezzofondo e Fondo) e alla categoria di gara. Le informazioni si riferiscono alle categorie maggiori che coinvolgono atleti maggiorenni, come previsto dal presente studio.

Le gare di Sprint comprendono distanze brevi ad alta intensità, come i 100m e i 500m, spesso disputate su strada o pista, e includono anche prove contro il tempo come il giro cronometrato (200m). Il Mezzofondo è rappresentato dalla distanza dei 1000m, che combina componenti di potenza e resistenza.

Le gare di Fondo includono distanze comprese tra i 5000m e la maratona (42 km), svolte in varie modalità: in linea, a punti o a eliminazione, sia su pista che su strada. Tali eventi richiedono un'elevata resistenza aerobica e capacità tattiche, in particolare durante le gare di gruppo dove il posizionamento strategico assume un ruolo determinante ⁽²⁾.

1.2 Velocisti e Fondisti: differenze fisiologiche

Nel pattinaggio di velocità in linea, analogamente ad altre discipline di resistenza intermittente, si distinguono due principali profili di atleti: i velocisti, specializzati nelle prove brevi ed esplosive, e i fondisti, che eccellono nelle gare di media e lunga durata. Le differenze tra queste due categorie emergono in modo significativo sotto il profilo fisiologico, riflettendo le diverse richieste energetiche e adattamenti funzionali richiesti dalle rispettive specialità ⁽¹⁾.

Le performance dei velocisti si fondano prevalentemente sul contributo del metabolismo anaerobico, in particolare della glicolisi anaerobica, che permette la produzione rapida di energia necessaria a sostenere sforzi brevi, esplosivi e ad alta intensità. Al contrario, i fondisti richiedono una maggiore efficienza del metabolismo aerobico, che garantisce la disponibilità energetica prolungata necessaria per sostenere prove di lunga durata, caratterizzate da intensità submassimali ma mantenute nel tempo ⁽³⁾.

Un parametro centrale per descrivere queste differenze è il VO_2peak , ossia il massimo consumo di ossigeno raggiunto durante un esercizio incrementale. Esso rappresenta un indice della capacità aerobica e risulta strettamente correlato alla performance nelle prove di resistenza. Nei fondisti un valore elevato di VO_2peak costituisce un vantaggio determinante, in quanto consente una più efficiente produzione di energia ossidativa, con minore accumulo di metaboliti anaerobici e maggiore ritardo nell'insorgenza della fatica. Nei velocisti, invece, la prestazione dipende maggiormente dalla potenza anaerobica e dalla capacità di tollerare elevate

concentrazioni di lattato; in questi atleti, il VO_2peak assume un ruolo secondario, pur contribuendo al recupero tra gli sforzi ripetuti ⁽³⁾.

Gli studi disponibili mostrano che programmi di allenamento di tipo non specifico (ad esempio corsa o ciclismo) possono comunque migliorare la performance dei pattinatori. In particolare, Stangier et al. hanno osservato un aumento del VO_2peak del 17% in pattinatori sottoposti a otto settimane di allenamento di corsa o ciclismo, con una correlazione significativa tra la potenza aerobica e la prestazione sui 300 m, distanza tipica delle prove sprint ⁽³⁾. In un successivo studio, gli stessi autori hanno confermato che otto settimane di allenamento di endurance non specifico migliorano il VO_2peak e riducono il costo energetico a velocità submassimali, evidenziando l'importanza del condizionamento aerobico anche per le prove di fondo ⁽⁴⁾.

Queste evidenze confermano l'importanza di un approccio mirato all'allenamento e alla preparazione fisiologica dell'atleta, con programmazioni specifiche per velocisti e fondisti, calibrate in base alle richieste metaboliche e biomeccaniche della specialità.

1.3 Fibre muscolari: differenze tra velocisti e fondisti

Il muscolo scheletrico è un tessuto altamente specializzato, in grado di adattarsi in maniera dinamica agli stimoli funzionali e allenanti. La sua unità funzionale è la fibra muscolare, che insieme al motoneurone che la innerva costituisce l'unità motoria, elemento essenziale per la produzione di forza e il controllo del movimento ⁽⁵⁾. Le fibre muscolari non sono tutte uguali, ma presentano caratteristiche morfologiche, metaboliche e molecolari che ne determinano la velocità di contrazione, la resistenza alla fatica e, in ultima analisi, il ruolo funzionale durante l'attività sportiva.

Tradizionalmente, le fibre vengono classificate in fibre lente di tipo I e fibre rapide di tipo II, a loro volta suddivise nei sottotipi IIa e IIx. Le fibre di tipo I possiedono un'elevata densità mitocondriale, abbondante vascolarizzazione e concentrazione di mioglobina, caratteristiche che consentono un metabolismo prevalentemente ossidativo e un'elevata resistenza alla fatica. Al contrario, le fibre di tipo II si contraddistinguono per una contrazione più rapida e potente, ma meno duratura. Tra queste, le IIa hanno un profilo intermedio, grazie a una discreta capacità ossidativa che ne garantisce versatilità, mentre le IIx sono quelle in grado di sviluppare la massima velocità di contrazione e potenza, pur andando incontro ad affaticamento precoce ⁽⁶⁾.

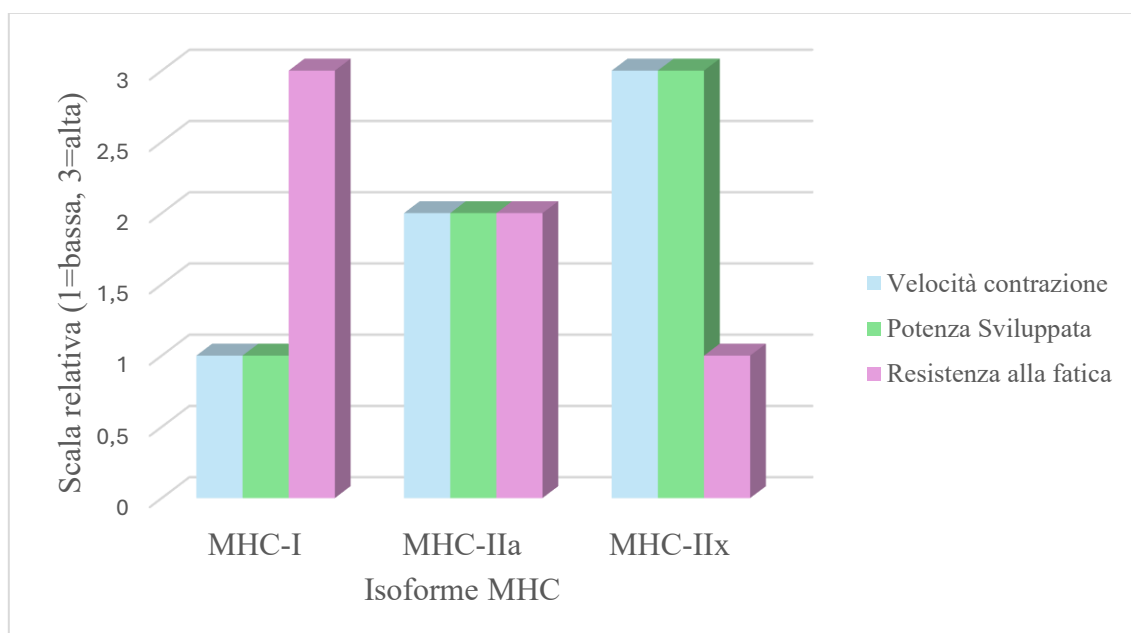
Un aspetto cruciale per comprendere la diversità delle fibre muscolari è rappresentato dalla presenza di differenti isoforme della catena pesante della miosina (MHC, *Myosin Heavy Chain*), la principale proteina motoria responsabile della contrazione muscolare. La miosina è una proteina complessa formata da catene leggere e pesanti; queste ultime (MHC) sono le

componenti che interagiscono direttamente con l'actina durante il ciclo dei ponti trasversali e determinano la velocità di accorciamento della fibra. In altre parole, la tipologia di MHC espressa in una fibra muscolare definisce la sua rapidità contrattile e la sua efficienza energetica. Le fibre lente di tipo I esprimono l'isoforma MHC-I, associata a contrazioni più lente ma estremamente efficienti dal punto di vista energetico. Le fibre di tipo IIa esprimono la MHC-IIa, che garantisce contrazioni rapide con discreta resistenza, mentre le fibre IIx esprimono la MHC-IIx, isoforma che conferisce la massima velocità e potenza contrattile, ma a scapito della durata ⁽⁷⁾.

Gli studi di Bottinelli e Reggiani hanno inoltre dimostrato la plasticità del muscolo scheletrico: le fibre non sono entità rigide e immutabili, ma possono modificare la loro espressione di MHC in risposta a stimoli allenanti specifici. L'allenamento di resistenza tende a favorire la transizione da fibre rapide IIx verso fenotipi più resistenti come le IIa, mentre stimoli esplosivi e di forza possono indurre un incremento dell'espressione delle isoforme più veloci ⁽⁷⁾.

Queste caratteristiche assumono un significato particolare nel pattinaggio di velocità. Nei velocisti, che necessitano di sprint e accelerazioni esplosive, è più frequente la prevalenza di fibre rapide, soprattutto IIx e IIa, che consentono contrazioni potenti in tempi brevissimi. Nei fondisti, invece, predomina un maggior numero di fibre lente di tipo I, più adatte a sostenere sforzi submassimali prolungati grazie alla loro efficienza ossidativa e alla resistenza alla fatica. La proporzione di fibre lente e rapide rappresenta quindi un determinante fisiologico fondamentale per l'orientamento prestativo dell'atleta, pur restando suscettibile di modificazioni indotte dall'allenamento mirato.

Grafico I: Confronto tra isoforme MHC e proprietà funzionali delle fibre muscolari



1.4 Biomeccanica del pattinaggio di velocità in linea

Biomeccanica del gesto e fattori di rischio

Il pattinaggio di velocità in linea presenta una biomeccanica complessa, distinta da altre discipline come la corsa o il ciclismo. Il gesto tecnico è costituito da una sequenza ciclica di spinta, recupero e scorrimento, con applicazione della forza prevalentemente sul piano orizzontale mediante movimenti laterali e diagonali degli arti inferiori. A differenza della corsa, caratterizzata da una propulsione antero-posteriore e da una fase di volo, nel pattinaggio almeno un piede rimane costantemente a contatto con il terreno, con conseguente incremento della stabilizzazione richiesta ai muscoli dell'anca, del ginocchio e della caviglia ⁽⁸⁾.

Le analisi elettromiografiche condotte da Bongiorno e colleghi ⁽⁸⁾ hanno mostrato come la fase di spinta che rappresenta il momento propulsivo principale, sia dominata dall'attivazione sinergica del grande e medio gluteo, del quadricipite e degli ischiocrurali, responsabili dell'abduzione e dell'estensione dell'anca e dell'estensione del ginocchio. Tale dinamica comporta un sovraccarico significativo a ginocchio e anca, dovuto alle elevate forze di taglio. Nella fase di recupero prevale invece l'attività degli adduttori, dell'ileopsoas e del tibiale anteriore, che richiamano l'arto verso la linea mediana in preparazione alla successiva spinta. L'intenso reclutamento di questi muscoli espone a rischio di sovraccarico inguinale, pubalgia e squilibri muscolari, soprattutto tra arto dominante e non dominante.

La fase di scorrimento richiede il mantenimento dell'equilibrio e della stabilità posturale, compiti affidati principalmente ai muscoli stabilizzatori del core e agli erettori spinali. La prolungata permanenza in questa fase può determinare fatica lombare, rigidità articolare e riduzione della mobilità di anca e ginocchio ⁽⁸⁾.

Un aspetto peculiare della disciplina è rappresentato dalla postura accosciata mantenuta durante la gara, che riduce la resistenza aerodinamica ma comporta una riduzione del VO₂ di picco, un incremento delle concentrazioni di lattato, un aumento delle forze di taglio a carico delle articolazioni dell'anca e del ginocchio e una maggiore richiesta ventilatoria, con conseguente comparsa di fatica precoce, sindromi da overuse e difficoltà respiratorie funzionali ⁽¹⁾.

Dal punto di vista dei fattori di rischio, numerosi studi hanno evidenziato come la regione inguinale rappresenti una delle aree maggiormente esposte a sovraccarico nei pattinatori e, più in generale, negli sport su ghiaccio e rotelle. Gli adduttori, in particolare, svolgono un ruolo cruciale nella fase di richiamo dell'arto e sono frequentemente sede di tendinopatie inserzionali e pubalgie, spesso in associazione con il retto addominale ⁽⁹⁾. La funzione degli adduttori nel pattinaggio e nell'hockey è stata approfondita da Chang et al che hanno evidenziato come essi

siano sottoposti a un'elevata attività eccentrica durante il gesto tecnico, aumentando il rischio di stiramenti muscolari ⁽¹⁰⁾.

Studi recenti sugli infortuni nel pattinaggio di velocità in linea hanno confermato che le lesioni muscolo-scheletriche non traumatiche, in particolare a carico di inguine, anca e ginocchio, rappresentano una quota significativa degli incidenti negli atleti d'élite, influenzando la continuità degli allenamenti e delle competizioni ⁽¹¹⁾.

In sintesi, la biomeccanica del pattinaggio di velocità, caratterizzata da spinta laterale, posture accosciate prolungate e alta richiesta di stabilizzazione, costituisce al tempo stesso la base della performance e un potenziale fattore predisponente a infortuni da sovraccarico, soprattutto a carico degli adduttori e delle strutture articolari di anca e ginocchio. Questo rende indispensabile l'adozione di programmi di prevenzione specifici, mirati al rinforzo muscolare selettivo, alla gestione delle asimmetrie funzionali e al controllo dei carichi di allenamento.

Tabella II: Attivazione muscolare nel pattinaggio di velocità

Fase del gesto	Muscoli principali	Ruolo funzionale
Propulsione	Grande Gluteo	Estensione ed extrarotazione anca
Propulsione	Medio Gluteo	Abduzione e stabilizzazione bacino
Propulsione	Vasto laterale/Retto femorale	Estensione ginocchio
Propulsione	Adduttori	Stabilizzazione direzionale (rischio infortuni)
Propulsione	Bicipite femorale	Estensione anca e stabilità ginocchio
Recupero	Tibiale anteriore	Dorsiflessione caviglia durante il recupero
Recupero	Bicipite femorale	Controllo eccentrico del ginocchio
Recupero	Estensori del ginocchio (co-attivazione)	Stabilità articolare (co-attivazione)



Immagine I: Fase di spinta

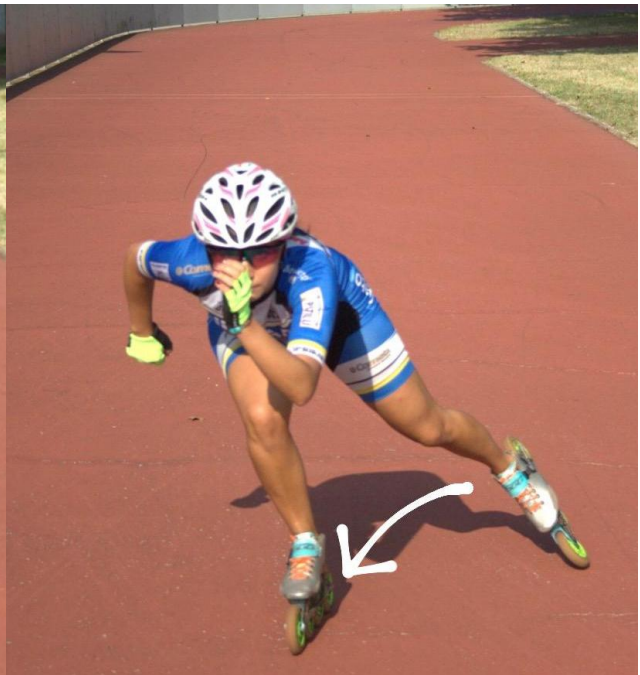


Immagine II: Fase di recupero



Immagine III: Fase di scorrimento



Immagine IV: Postura accosciata

Biomeccanica della curva e asimmetrie funzionali nel pattinaggio di velocità

Un aspetto peculiare del pattinaggio di velocità in linea è che le competizioni si svolgono sempre in senso antiorario, determinando una sollecitazione asimmetrica degli arti inferiori. L'arto interno alla curva è maggiormente impegnato nel controllo della stabilità e nel contrasto delle forze centrifughe, mentre l'arto esterno è deputato prevalentemente alla generazione della spinta propulsiva. Analisi elettromiografiche e cinematiche hanno evidenziato come i glutei e gli adduttori svolgano un ruolo centrale nella propulsione e nella stabilizzazione del bacino, risultando quindi fondamentali anche nel mantenimento della traiettoria curva e nella gestione delle forze laterali ⁽⁸⁾. L'analisi delle pressioni plantari condotta su pattinatori élite ha mostrato differenze significative tra piede interno ed esterno, con un maggiore carico stabilizzante sull'arto interno e un utilizzo propulsivo dell'arto esterno, confermando la distribuzione asimmetrica delle forze ⁽¹⁾. In particolare, gli adduttori dell'anca sono essenziali per il contenimento del bacino e la prevenzione del collasso verso l'interno della curva ⁽¹⁰⁾, ma il loro sovraccarico eccentrico li rende vulnerabili a tendinopatie e pubalgie ⁽⁹⁾. L'arto esterno sfrutta invece principalmente l'azione di glutei, quadricipite e ischiocrurali, che garantiscono la spinta laterale necessaria a mantenere velocità e traiettoria. Studi epidemiologici recenti hanno confermato che le curve rappresentano un momento critico per lo sviluppo di infortuni, soprattutto a carico di anca e inguine, che figurano tra le sedi più frequentemente colpite nei pattinatori di velocità ⁽¹¹⁾. In sintesi, la curva costituisce un elemento distintivo ma anche un potenziale determinante di asimmetrie funzionali e sovraccarichi cronici, sottolineando la necessità di strategie preventive mirate al riequilibrio muscolare e al monitoraggio delle catene cinetiche più esposte.



Immagine V: Biomeccanica della curva

Biomeccanica della partenza, accelerazione e mantenimento della velocità

Le competizioni di velocità nel pattinaggio in linea sono caratterizzate dall'espressione di forza esplosiva, da una rapida accelerazione e dal mantenimento della velocità massima per intervalli temporali limitati, configurando un gesto biomeccanico differente rispetto alle prove di fondo.

All'interno di tale contesto, la fase di partenza rappresenta un elemento determinante della performance, in quanto consente all'atleta di raggiungere la velocità sub-massimale nel minor tempo possibile, condizionando in maniera significativa l'esito della gara.

La partenza è regolata secondo le posizioni "In position-Set-Go", che prevedono una progressiva transizione da una posizione eretta a una postura accosciata accentuata, con il baricentro spostato anteriormente, il tronco inclinato in avanti e lo sguardo rivolto nella direzione di gara ⁽²⁾.

L'obiettivo è massimizzare la rapidità di reazione allo stimolo acustico e ottimizzare la trasmissione della forza nella prima spinta.

Il gesto parte con una spinta forte e rapida dell'arto posteriore seguita da un'accelerazione ciclica, durante la quale si susseguono spinte alternate con angoli articolari ampi e frequenza elevata. In questa fase è essenziale un'elevata reattività neuromuscolare e una gestione efficace dell'equilibrio dinamico.

Studi cinematici tridimensionali hanno mostrato che la partenza può essere suddivisa in più sottofasi, dalla spinta iniziale alla stabilizzazione della traiettoria, con differenze tra atleti in termini di lunghezza del passo e coordinazione intersegmentaria ⁽¹²⁾.

Durante l'accelerazione, la produzione di forza avviene prevalentemente sul piano orizzontale, con un impegno sinergico di grande gluteo, quadricipite e ischiocrurali per generare estensione di anca e ginocchio, mentre il tricipite surale contribuisce alla spinta propulsiva sul piede. L'analisi delle pressioni plantari ha evidenziato come nelle prime spinte vengano coinvolte in modo marcato le regioni del tallone, del primo metatarso e dell'alluce, a conferma del ruolo determinante della catena estensoria e dell'avampiede nella fase iniziale di accelerazione ⁽¹³⁾.

In questa fase il pattinatore aumenta gradualmente l'ampiezza del passo, riducendo al contempo la frequenza, fino a raggiungere una velocità stabile.

Una volta raggiunta la velocità desiderata, l'atleta entra nella fase di mantenimento, caratterizzata da un pattern ciclico con propulsione laterale alternata e riduzione progressiva della frequenza di spinta, a vantaggio dell'efficienza meccanica. In questa fase assume particolare rilevanza la capacità di sostenere la postura accosciata, aereodinamica, con il busto in avanti, gli arti inferiori flessi e il baricentro abbassato.

L'obiettivo è quello di ridurre la resistenza dell'aria e massimizzare la trasmissione di forza durante ogni spinta. I movimenti diventano più simmetrici e regolari, con un elevato grado di controllo del gesto e una distribuzione equilibrata del carico tra i due arti. Dal punto di vista biomeccanico e tecnico, i velocisti adottano una spinta più esplosiva e profonda, che permette

di massimizzare la velocità nei rettilinei e nelle fasi di sprint finale. I fondisti, invece, privilegiano una tecnica più fluida e ritmica, finalizzata alla conservazione energetica, con una gestione più economica della postura e della frequenza di spinta. Questo approccio consente loro di sostenere la velocità nel lungo periodo, minimizzando l'accumulo di lattato e il rischio di affaticamento precoce. In sintesi, mentre i velocisti basano la loro prestazione su potenza anaerobica, esplosività e capacità di recupero tra sforzi ad alta intensità, i fondisti si distinguono per una maggiore efficienza aerobica, resistenza e gestione dell'economia di movimento.



Immagine VI: Posizione “In position”



Immagine VII: Posizione “Set”



Immagine VIII: Posizione “Go”



Immagine IX: Fase di accelerazione

1.5 Contrazione muscolare e co-attivazioni

Il movimento umano è reso possibile da diverse modalità di contrazione muscolare, ciascuna con caratteristiche biomeccaniche e metaboliche specifiche. Le contrazioni concentriche avvengono quando il muscolo si accorcia generando forza, come nel grande gluteo e nel quadricipite durante la fase propulsiva del pattinaggio, fornendo la spinta necessaria per l'avanzamento. Le contrazioni eccentriche, invece, si verificano quando il muscolo si allunga opponendosi a una forza esterna, e risultano fondamentali negli ischiocrurali e negli adduttori per il controllo del ginocchio e la stabilizzazione del bacino durante la fase di recupero o nelle curve ⁽¹⁴⁾. Infine, le contrazioni isometriche, caratterizzate da produzione di tensione senza variazione di lunghezza, assumono un ruolo chiave nel mantenimento della postura accosciata tipica del pattinaggio, grazie al coinvolgimento dei muscoli del core e degli erettori spinali.

La co-attivazione muscolare, definita come l'attivazione simultanea di muscoli agonisti e antagonisti, rappresenta un meccanismo fondamentale per la stabilità articolare e il controllo neuromotorio ⁽¹⁵⁾. A livello del ginocchio, la co-attivazione dei muscoli antagonisti è essenziale per garantire stabilità e prevenire movimenti incontrollati ⁽¹⁶⁾. Tuttavia, se da un lato essa migliora la stabilità, dall'altro comporta un aumento del costo energetico del movimento.

Studi sul cammino e sulla corsa hanno dimostrato che l'aumento della co-attivazione è associato a una maggiore stabilità ma anche a un incremento del dispendio metabolico, soprattutto alle velocità più elevate ⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾. Traslando questi concetti al pattinaggio, disciplina in cui la produzione di forza avviene in condizioni di elevata instabilità laterale e in posture biomeccanicamente vincolanti, la co-attivazione assume un ruolo chiave. In particolare, la contemporanea attivazione di quadricipite e ischiocrurali, così come di adduttori e glutei, contribuisce al controllo del gesto tecnico e alla prevenzione di collassi articolari, ma al tempo stesso comporta un maggiore costo energetico e può favorire l'insorgenza di affaticamento precoce. Questo equilibrio tra stabilità, efficienza e resistenza alla fatica rappresenta uno degli elementi distintivi del pattinaggio di velocità e sottolinea l'importanza di programmi di allenamento mirati a ottimizzare la co-attivazione, potenziando il controllo neuromuscolare e riducendo il rischio di infortuni da sovraccarico.

Inoltre, nel recupero successivo alle lesioni dell'arto inferiore e nel conseguente ritorno all'attività sportiva dell'atleta devono essere monitorate e la loro durata deve essere limitata nel tempo, anche in ottica preventiva di future recidive.

1.6 Epidemiologia degli infortuni nel pattinaggio di velocità

Il pattinaggio di velocità in linea espone gli atleti a una duplice tipologia di rischio: da un lato le lesioni muscoloscheletriche da sovraccarico, dovute alle peculiari richieste biomeccaniche del gesto tecnico, e dall'altro i traumi acuti conseguenti alle cadute, che rappresentano un fattore intrinseco della disciplina.

Uno studio recente condotto su giovani pattinatori d'élite spagnoli ⁽¹¹⁾ ha evidenziato un'incidenza di 1,65 infortuni ogni 1000 ore di esposizione, con il 79% delle lesioni localizzate agli arti inferiori. Tra queste, le più frequenti erano le lesioni muscolari e tendinee (0,92/1000 h), in particolare a carico di quadricipite, ischiocrurali e adduttori, muscoli fortemente coinvolti nella spinta laterale e nella stabilizzazione del bacino. Questi dati sottolineano come la componente da sovraccarico sia predominante nell'epidemiologia della disciplina, e trovano conferma nelle evidenze cliniche di pubalgie e tendinopatie ricorrenti negli sport di scorrimento che richiedono contrazioni eccentriche e co-attivazioni ripetute.

A differenza di queste lesioni da overuse, gli studi epidemiologici condotti negli Stati Uniti mettono in luce soprattutto l'impatto delle cadute come determinante di traumi acuti. In una vasta analisi retrospettiva ventennale, Dhodapkar et al. ⁽¹⁹⁾ hanno mostrato come il pattinaggio in linea sia associato a un elevato numero di accessi in pronto soccorso, con una prevalenza di fratture a carico degli arti superiori, in particolare polso e avambraccio, sedi colpite dal tipico meccanismo di difesa con appoggio delle mani in caduta. Questi dati sono coerenti con quanto già descritto da Schieber et al. ⁽²⁰⁾, che avevano riportato, in uno studio epidemiologico su oltre 31.000 casi, che circa i due terzi degli infortuni erano costituiti da fratture, distorsioni o stiramenti, con un'alta incidenza di fratture di polso (37% dei casi).

Un ulteriore contributo proviene da Jerosch et al. ⁽²¹⁾, che in uno studio osservazionale su 500 praticanti in Germania hanno rilevato che il 41% dei soggetti aveva riportato almeno un infortunio, con prevalenza di lesioni a tessuti molli (73%), seguite da distorsioni (22%) e fratture (5%). Degno di nota è il ruolo della prevenzione: solo il 19% degli atleti utilizzava sistematicamente dispositivi di protezione, mentre il 21% non li indossava mai, evidenziando come l'adozione di protezioni adeguate possa influenzare in modo determinante la severità e la tipologia delle lesioni.

Nel complesso, i dati della letteratura delineano un quadro chiaro: nel pattinaggio di velocità in linea, le lesioni muscoloscheletriche da sovraccarico colpiscono principalmente gli arti inferiori, riflettendo le richieste biomeccaniche di spinta, stabilizzazione e posture accosciate prolungate. Parallelamente, le cadute rappresentano un fattore di rischio significativo per traumi acuti, soprattutto fratture e distorsioni agli arti superiori. L'integrazione di strategie preventive,

comprendenti programmi di rinforzo muscolare specifico e l'utilizzo sistematico delle protezioni, appare quindi essenziale per ridurre l'incidenza e la gravità degli infortuni in questa disciplina.

1.7 British Athletics Muscle Injury Classification (BAMIC)

Gli infortuni muscolari rappresentano una delle cause principali di assenza da allenamento e competizione negli sport ad alta intensità, come l'atletica leggera e il pattinaggio di velocità ⁽²²⁾. Per decenni la classificazione delle lesioni muscolari si è basata su sistemi semplicistici a tre gradi (minore, moderata, completa), che tuttavia offrivano scarsa accuratezza diagnostica e limitata capacità prognostica ⁽²²⁾. La necessità di un sistema più dettagliato e basato sull'evidenza ha portato allo sviluppo, da parte del team medico della British Athletics, della British Athletics Muscle Injury Classification (BAMIC). Pubblicata nel 2014, la BAMIC è fondata su reperti di risonanza magnetica (MRI) e distingue cinque gradi di lesione (0–4), ulteriormente suddivisi in sottoclassi in base al tessuto colpito: a (miofasciale), b (giunzione miotendinea) e c (intratendinea) ⁽²²⁾. Questa suddivisione ha migliorato la precisione diagnostica e ha consentito di integrare parametri con comprovato valore prognostico, come la lunghezza della lesione, l'area di sezione trasversa coinvolta e l'eventuale estensione intratendinea ⁽²³⁾.

Il sistema ha acquisito rilevanza clinica grazie al suo valore prognostico. È stato infatti osservato che le lesioni intratendinee ("c") si associano a tempi di ritorno all'allenamento più lunghi e a un maggior rischio di recidiva rispetto a quelle miofasciali o a livello della giunzione miotendinea ⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾.

Dal punto di vista fisioterapico, la BAMIC ha un ruolo centrale nella gestione clinica. La possibilità di distinguere il tessuto coinvolto (fascia, giunzione miotendinea, tendine) consente di elaborare programmi riabilitativi specifici, basati sulle diverse caratteristiche di guarigione dei tessuti ⁽²⁵⁾. Ad esempio, le lesioni miofasciali hanno un tempo di guarigione relativamente rapido, mentre quelle intratendinee richiedono strategie più conservative e un ritorno progressivo al carico, in quanto il tendine necessita di tempi più lunghi per la riparazione e l'adattamento ⁽²⁴⁾. Inoltre, la classificazione permette di orientare il monitoraggio clinico e strumentale, facilitando decisioni condivise sul ritorno allo sport.

L'applicazione della BAMIC si è rivelata utile non solo nell'atletica leggera, ma anche in altri sport caratterizzati da sprint, cambi di direzione e sforzi esplosivi, come il calcio e il rugby ⁽²³⁾ ⁽²⁵⁾. Considerata la natura del pattinaggio di velocità in linea – disciplina che comporta accelerazioni massimali, elevate sollecitazioni eccentriche sugli arti inferiori e gesti esplosivi

ripetuti – l’adozione di un sistema classificativo come la BAMIC risulta particolarmente indicata. Essa consente al fisioterapista di formulare una diagnosi accurata, definire protocolli riabilitativi mirati e stimare realisticamente i tempi di ritorno in pista, riducendo il rischio di ricadute e ottimizzando la programmazione dell’allenamento.

In conclusione, la BAMIC rappresenta oggi un punto di riferimento internazionale per la diagnosi, la prognosi e la gestione riabilitativa delle lesioni muscolari nello sport. Per il fisioterapista che opera in discipline ad alta intensità come il pattinaggio di velocità, costituisce uno strumento fondamentale per integrare la valutazione clinica e strumentale, guidare il percorso terapeutico e supportare la prevenzione delle recidive.

Tabella III: British Athletics Muscle Injury Classification ⁽²²⁾

Grado 0	
A	Classifica una presentazione clinica di indolenzimento/affaticamento focale del muscolo solitamente insorto dopo l’esercizio, sebbene possa manifestarsi anche durante l’attività. È spesso accompagnato da una sensazione di contrazione muscolare, ma con nessuna o minima inibizione della contrazione e senza significativa riduzione della forza ai test manuali. Il clinico può essere in grado di palpare un’area focale di aumentato 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 si manifesta più comunemente dopo un esercizio non abituale, spesso con predominanza eccentrica, e che viene frequentemente definito come DOMS. In questo caso, possono essere presenti caratteristiche alterazioni alla RM, con segnale elevato diffuso e a chiazze che interessa più gruppi muscolari.
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. In questo grado di lesione solitamente non si osserva una vera e propria discontinuità delle fibre muscolari; alla RM può essere inoltre evidente la presenza di fluido intermuscolare o ematoma lungo i piani fasciali, esteso anche oltre i 5 cm.

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 verso il muscolo. Possono essere associate a dolore durante i cambi di direzione e la forza può essere ridotta. Alla RM è evidente un'area di iperintensità che origina 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. Alla RM si evidenzia un'area di iperintensità che interessa tra il 10% e il 50% 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 aree di iperintensità 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. Non è presente una rottura completa, ma si può osservare una perdita dei normali margini lineari e della tensione tendinea, segno di una ridotta integrità strutturale del tendine.
Grado 4	
A-B	Sono lesioni complete del muscolo. L'atleta può sperimentare una sensazione improvvisa di dolore, accompagnato da una marcata e immediata limitazione

	funzionale. Spesso è possibile percepire alla palpazione un vero e proprio “gap” nella sede della lesione.
C	Sono lesioni complete di un tendine.

1.8 Obiettivi

Scopo del presente studio è indagare i disturbi muscolo-scheletrici negli atleti di pattinaggio di velocità in linea, disciplina sportiva che, nonostante l’elevata diffusione a livello agonistico, presenta ancora una letteratura scientifica limitata in merito agli infortuni e alla loro gestione fisioterapica. L’indagine è stata condotta mediante la somministrazione di un questionario ad atleti agonisti maggiorenni, con l’intento di delineare un quadro epidemiologico e clinico dei principali infortuni che interessano questa disciplina. In particolare, lo studio mira a distinguere se le problematiche riscontrate siano prevalentemente di natura muscolare o ossea/articolare, indagando inoltre le modalità di insorgenza delle stesse, ossia se correlate al gesto motorio specifico oppure dovute a traumi diretti conseguenti a cadute. Parallelamente, l’indagine prende in esame il possibile ruolo dei fattori intrinseci (età, sesso, specialità praticata) e dei fattori estrinseci legati alle modalità di allenamento (frequenza, durata, tipologia di riscaldamento, pratica di stretching, condizioni ambientali indoor o outdoor), al fine di comprendere la loro influenza sull’incidenza e sulla tipologia degli infortuni.

Un ulteriore obiettivo è rappresentato dall’analisi dell’approccio fisioterapico adottato dagli atleti, con particolare attenzione alle tecniche di trattamento utilizzate (esercizio terapeutico, terapia manuale, massoterapia, laser, applicazione di kinesio taping e altre) e alla percezione di efficacia degli stessi. L’insieme di queste informazioni consente non solo di descrivere le caratteristiche epidemiologiche degli infortuni muscolo-scheletrici nel pattinaggio di velocità in linea, ma anche di raccogliere elementi utili per elaborare un programma fisioterapico mirato, con finalità sia riabilitative che preventive, incentrato sull’infortunio maggiormente riscontrato. L’obiettivo ultimo è dunque fornire un contributo concreto alla conoscenza e alla gestione degli infortuni in questa disciplina, favorendo lo sviluppo di strategie di prevenzione, diagnosi precoce e ottimizzazione degli interventi riabilitativi, con l’intento di migliorare la salute dell’atleta e la continuità della sua performance sportiva.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Disegno dello studio

Studio osservazionale trasversale

Lo studio è stato condotto come studio osservazionale trasversale (cross-sectional), con l'intento di raccogliere dati da un campione di atleti agonisti praticanti pattinaggio di velocità in linea. Tale disegno di ricerca è stato scelto perché permette di descrivere la frequenza e le caratteristiche degli infortuni muscolo-scheletrici in questa popolazione sportiva, oltre a indagare le possibili correlazioni con le modalità di allenamento abitualmente svolte e con le strategie terapeutiche e preventive adottate. Per la redazione e la strutturazione del lavoro è stata utilizzata la checklist STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology), considerata un riferimento metodologico essenziale per garantire la completezza e la trasparenza nella descrizione degli studi osservazionali di tipo trasversale ⁽²⁶⁾. La bibliografia è stata costruita e formattata mediante Zotero, un software open source per la gestione delle citazioni, che ha facilitato l'inserimento automatico dei riferimenti secondo lo stile citazionale Vancouver.

Aspetti etici

Lo studio è stato condotto nel rispetto dei principi etici sanciti dalla Dichiarazione di Helsinki ⁽²⁷⁾. Tutti i partecipanti hanno fornito consenso informato scritto prima dell'inizio delle procedure, infatti nel questionario era scritto:

ACQUISIZIONE DEL CONSENSO AL TRATTAMENTO DEI DATI AI SENSI DEL ART 32
REG.EU 2016/679

Letta la Informativa Privacy ai sensi del Reg. Eu 2016/679, letti i Trattamenti indicati, accertato chi sia Il Titolare del Trattamento dei Dati, letti i diritti dell'interessato, considerato che il mio consenso deve essere dato in maniera inequivocabile e completamente libero, in maniera specifica, debitamente informato, verificabile e assolutamente revocabile, esprimo il consenso per i trattamenti sottoindicati con finalità connesse ai dati personali "sensibili" relativi all'origine razziale, alle etnie, alle abitudini sportive nonché dati relativi alla salute dell'interessato attraverso la compilazione del seguente questionario.

I dati saranno trattati in maniera anonima con finalità del trattamento limitata alla predisposizione ed alla elaborazione della tesi di laurea del Corso di Laurea in Fisioterapia. In relazione ai predetti trattamenti l'interessato potrà esercitare i diritti nei limiti di cui agli art. 32 del Reg. Eu 2016/679.

Il disegno cross-sectional ha assicurato equità nella partecipazione, in quanto tutti i soggetti hanno ricevuto lo stesso questionario, e ha minimizzato i rischi per i soggetti coinvolti grazie alla raccolta anonima dei dati.

Struttura del questionario

L'obiettivo principale dello studio è stato quello di individuare l'infortunio muscolo-scheletrico più frequente nel pattinaggio di velocità in linea, analizzando al contempo il ruolo della fisioterapia nella sua gestione, sia in termini riabilitativi che preventivi. Accanto a questo, sono stati definiti gli obiettivi secondari, volti a indagare come alcuni fattori di rischio e preventivi, sia intrinseci, come il genere e l'età, sia estrinseci, come la durata del riscaldamento o l'abitudine a svolgere stretching, possano essere correlati all'insorgenza degli infortuni. Inoltre, è stato posto l'accento sulla distinzione tra problematiche di natura muscolare e problematiche di tipo osseo-articolare, analizzandone le modalità di insorgenza, ossia se derivanti da un trauma diretto, come una caduta, oppure correlate al gesto motorio specifico del pattinaggio.

La raccolta dei dati è stata realizzata mediante la somministrazione di un questionario anonimo online, rivolto ad atleti maggiorenni agonisti affiliati alla Federazione Italiana Sport Rotellistici (FISR) nella disciplina del pattinaggio di velocità in linea. La compilazione è avvenuta su base volontaria e tutte le informazioni fornite sono state trattate in forma riservata, garantendo il completo anonimato dei partecipanti.

Il questionario utilizzato per la raccolta dei dati è strutturato in quattro sezioni principali e comprende complessivamente venti domande. Di queste, tredici sono obbligatorie, contrassegnate da un asterisco, al fine di garantire la completezza delle informazioni necessarie agli obiettivi dello studio. Le domande presentano differenti modalità di risposta: alcune sono a testo libero e breve, altre a scelta singola e altre ancora a scelta multipla, così da consentire ai partecipanti di fornire risposte precise e al tempo stesso flessibili.

La prima sezione (PARTE 1), dedicata alle domande personali, raccoglie i dati anagrafici e antropometrici degli atleti, come età, sesso, peso e altezza, informazioni indispensabili per delineare le caratteristiche generali del campione e valutare l'influenza dei fattori individuali sull'insorgenza degli infortuni. La seconda sezione (PARTE 2) è rivolta alle modalità di allenamento e comprende quesiti relativi alle specialità praticate, alla frequenza e durata delle sedute di training settimanali, al tempo dedicato al riscaldamento, alla presenza o meno di defaticamento e stretching, nonché alle condizioni ambientali in cui vengono svolti gli allenamenti e alla frequenza del ricorso al fisioterapista. La terza sezione (PARTE 3) affronta il tema dei disturbi muscolo-scheletrici, indagando la presenza di infortuni negli ultimi due anni, il contesto di insorgenza (allenamento o gara), le modalità con cui si verificano (gesto motorio specifico o caduta traumatica), la tipologia della problematica (muscolare o osseo-articolare) e, in maniera più dettagliata, i distretti corporei coinvolti. Infine, la quarta sezione (PARTE 4) è dedicata al trattamento, ponendo l'attenzione sulle figure professionali a cui gli atleti decidono

di rivolgersi, sulle modalità terapeutiche intraprese — come esercizio terapeutico, terapia manuale, massoterapia, laser o kinesio taping — e sull'esito percepito, valutando se il problema risulta completamente risolto, solo parzialmente superato o ancora persistente. In aggiunta, viene esplorata anche la gestione del ritorno all'attività sportiva, per comprendere se sia stata prevista una sospensione totale, un'attività alternativa o un programma specifico di recupero.

2.2 Contesto

Le domande del questionario vengono redatte tra febbraio e marzo 2025 e successivamente trasferite in formato elettronico sulla piattaforma “Google Moduli”. La scelta di utilizzare questo strumento si fonda sulla sua praticità e accessibilità, che consente di raggiungere rapidamente un ampio numero di atleti garantendo al tempo stesso l'anonimato e una gestione ordinata delle risposte. Per verificarne l'efficacia e la chiarezza, tra il 15 marzo e il 5 aprile 2025 viene condotta una fase preliminare di sperimentazione, definita *pre-test*, che prevede la somministrazione del questionario in versione provvisoria a cinque atleti, comprendenti sia velocisti che fondisti.

L'obiettivo del pre-test è quello di individuare eventuali difficoltà di compilazione o criticità di comprensione. Una volta completata la compilazione, ciascun atleta viene intervistato attraverso un breve colloquio, con domande mirate a valutare la chiarezza e la lunghezza dello strumento, nonché la necessità di introdurre modifiche o ulteriori quesiti. In particolare, viene chiesto se alcune domande risultino difficili, se vi siano elementi poco chiari, se la durata complessiva del questionario sia adeguata e se vi siano suggerimenti di integrazione o correzione.

Dalle osservazioni raccolte emerge un aspetto rilevante legato alla denominazione della terza sezione, inizialmente intitolata “Parte 3: Domande sugli infortuni”. Alcuni atleti, infatti, hanno interpretato il termine “infortuni” come riferito esclusivamente a quelli conseguenti a cadute, tralasciando le problematiche insorte a seguito del gesto motorio del pattinaggio. Questa ambiguità ha portato a risposte errate in fase di compilazione. Per garantire maggiore chiarezza, la sezione viene quindi rinominata “Parte 3: Domande sui disturbi muscolo-scheletrici”. Un'ulteriore correzione riguarda la strutturazione del questionario, che viene suddiviso in una quarta parte dedicata specificamente al trattamento degli infortuni, così da rendere più chiara e organizzata la distribuzione delle domande all'interno del formato elettronico.

A parte queste modifiche, non vengono segnalate ulteriori criticità o errori. Gli atleti coinvolti giudicano la lunghezza complessiva del questionario adeguata e proporzionata, confermandone

la validità nella versione definitiva che viene poi somministrata al campione oggetto dello studio.

La somministrazione del questionario si svolge nel periodo compreso tra il 15 aprile 2025 e il 10 luglio 2025. Prima della compilazione, i partecipanti vengono informati del carattere anonimo dello strumento e dell'utilizzo dei dati esclusivamente a fini didattici e di ricerca nell'ambito del presente studio sperimentale.

2.3 Campione

I partecipanti allo studio sono atleti agonisti maggiorenni praticanti il pattinaggio di velocità in linea, reclutati inizialmente tra le società sportive dell'Emilia-Romagna. In una seconda fase, il questionario è stato somministrato in occasione di due eventi agonistici di rilievo: il Trofeo Nazionale del 1° maggio svoltosi a Ferrara e il Trofeo Internazionale, valido come Tappa di Coppa Europa, tenutosi a Senigallia nei giorni 2, 3 e 4 maggio 2025. In tali contesti è stato possibile coinvolgere atleti di alto livello, inclusi diversi tra i migliori pattinatori a livello mondiale.

Per facilitare la compilazione, è stato predisposto un QR Code che collegava direttamente al questionario in formato elettronico, permettendo così agli atleti di accedervi e completarlo comodamente tramite smartphone. Le risposte sono state raccolte in tempo reale sulla piattaforma Google Moduli, garantendo una gestione immediata e sicura dei dati.

Il campione comprende numerosi atleti di élite, tra cui diversi campioni del mondo e campioni europei nelle rispettive specialità, nonché alcuni tra i primi trenta classificati nelle graduatorie nazionali assolute. Le ultime risposte sono state acquisite attraverso la diffusione del questionario mediante canali digitali, come WhatsApp e Instagram, tramite il link collegato al questionario <https://forms.gle/TGmLj7kbmbmxNjj7A> così da raggiungere ulteriori atleti agonisti appartenenti al medesimo livello competitivo. In questo modo è stato possibile ottenere un campione eterogeneo e rappresentativo della popolazione di riferimento, includendo pattinatori di diversa provenienza e livello di esperienza, sempre nel rispetto del principio di anonimato e della riservatezza dei dati raccolti.

Sono stati definiti chiari criteri di inclusione ed esclusione. Sono inclusi nello studio gli atleti agonisti di pattinaggio di velocità in linea, maggiorenni e regolarmente tesserati presso la Federazione Italiana Sport Rotellistici (FISR). Sono invece esclusi gli atleti minorenni, i praticanti a livello amatoriale e coloro che non hanno completato integralmente il questionario, al fine di garantire l'omogeneità e la qualità del campione.



QR Code questionario

2.4 Questionario

DISTURBI MUSCOLO SCHELETRICI NEGLI ATLETI DI PATTINAGGIO DI VELOCITA' IN LINEA

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 nel pattinaggio di velocità? (si possono inserire più risposte) *

☐ 100m Sprint in corsia

☐ 1 giro Crono atleti Contrapposti

☐ 500m

☐ 1'000m

☐ 5'000-10'000m punti

☐ 10'000-15'000m eliminazione

☐ 5'000m in linea

☐ 10'000m in linea

☐ 42Km

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 e 2h

☐ Tra 2h e 2h30min

☐ Più di 2h30min

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

☐ Meno di 10min

☐ Meno di 20min

☐ Dai 20 ai 30min

☐ Dai 30 ai 40min

☐ Più di 40min

5. Al termine dell'allenamento fai defaticamento?

☐ Sì

☐ No

6. Inserisci lo stretching nel programma di allenamento? *

☐ Sì

☐ No

7. 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

8. 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
9. 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
10. 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 sui disturbi muscolo scheletrici

11. Nell'arco degli ultimi due anni hai sofferto di disturbi muscolo scheletrici (hai avuto una problematica muscolare/articolare-ossea, contratture, lesioni muscolari, lombalgia, pubalgia, fratture, lussazioni, sub-lussazioni...)? *
- ☐ Sì
 - ☐ No

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

12. La problematica muscolo scheletrica quando è comparsa?
- ☐ Durante gli allenamenti
 - ☐ Durante una gara

13. La problematica muscolo scheletrica quando è insorta?
- ☐ Durante l'atto motorio del pattinaggio (per esempio in partenza, accelerazione, allungo)
 - ☐ In seguito ad una caduta (trauma da impatto)
14. La problematica muscolo scheletrica era?
- ☐ A livello muscolare (contratture, lesioni muscolari)
 - ☐ A livello articolare/osseo (sub-lussazione, lussazione, frattura...)
15. Se hai avuto una problematica di tipo muscolare, quale era il gruppo muscolare interessato? (Si possono inserire più risposte).
- ☐ Ischio crurali (muscoli posteriori della coscia: bicipite femorale, semimembranoso, semitendinoso)
 - ☐ Quadricipite (muscoli anteriori della coscia)
 - ☐ Adduttori
 - ☐ Loggia anteriore della gamba (per esempio tibiale anteriore)
 - ☐ Loggia posteriore della gamba (per esempio “polpaccio”)
 - ☐ Muscoli della schiena (per esempio muscoli della zona lombare)
 - ☐ Muscoli glutei
16. Se hai avuto una problematica articolare/ossea, qual era la zona coinvolta? (si possono inserire più risposte).
- ☐ Ossa della mano
 - ☐ Ossa dell'avambraccio
 - ☐ Ossa del braccio
 - ☐ Ossa della coscia
 - ☐ Ossa della gamba
 - ☐ Ossa del piede
 - ☐ Articolazione del polso
 - ☐ Articolazione del gomito
 - ☐ Articolazione della spalla

- ☐ Articolazione dell'anca
- ☐ Articolazione del ginocchio
- ☐ Articolazione della caviglia

PARTE 4-Domande sul trattamento

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

- ☐ Nessuno
- ☐ Fisioterapista
- ☐ Ortopedico/Fisiatra
- ☐ Altro...

18. Se ti sei rivolto ad un fisioterapista, quali trattamenti ha utilizzato? (Si possono inserire più risposte).

- ☐ Esercizio terapeutico
- ☐ Terapia Manuale
- ☐ Massoterapia
- ☐ Laser
- ☐ Applicazione di Kinesio Taping

☐ Altro...

19. Ad oggi la problematica si è risolta?

- ☐ Sì
- ☐ No
- ☐ Sì, ma solo in parte

20. 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 è stato stabilito in 110 unità, con il criterio che almeno 55 di essi fossero compilati da atleti che avessero riportato un infortunio di natura muscolo-scheletrica. Tale soglia è stata definita al fine di garantire una rappresentatività adeguata del campione, assicurando la possibilità di condurre un'analisi comparativa tra atleti infortunati e non infortunati. Una volta raggiunto il numero prestabilito, la somministrazione del questionario è stata interrotta e i dati raccolti sono stati organizzati per l'avvio delle successive procedure di analisi statistica.

2.6 Metodi statistici

Caratteristiche dei partecipanti

Per la descrizione delle caratteristiche del campione vengono utilizzate le principali statistiche di sintesi. Le variabili continue, quali età, peso e altezza, sono riportate come media e deviazione standard (SD), mentre le variabili categoriali, come il sesso, vengono descritte tramite frequenze assolute (n) e percentuali (%). Questo approccio consente di delineare in maniera chiara e completa il profilo demografico e antropometrico degli atleti inclusi nello studio, fornendo le informazioni necessarie per inquadrare correttamente la popolazione oggetto di analisi.

Analisi delle frequenze

Per l'elaborazione dei dati vengono calcolate frequenze assolute (n) e percentuali (%), con l'obiettivo di condurre un'analisi esplorativa delle caratteristiche del campione. In primo luogo, viene descritta la distribuzione degli atleti che negli ultimi due anni hanno riportato un infortunio muscolo-scheletrico rispetto a coloro che non ne hanno subito alcuno. Successivamente, l'analisi viene approfondita distinguendo tra gli atleti che hanno riferito problematiche di natura muscolare e quelli che hanno riportato infortuni a carico dell'apparato osseo-articolare.

Per quanto riguarda gli infortuni muscolari, l'attenzione è rivolta ai distretti corporei maggiormente interessati, con particolare riferimento ai muscoli degli arti inferiori, come ischiocrurali, quadricipite, adduttori, loggia anteriore e posteriore della gamba, oltre ai muscoli glutei e alla muscolatura lombare. Parallelamente, per gli infortuni di natura articolare o ossea vengono analizzate le sedi più frequentemente coinvolte, tra cui ginocchio, caviglia, anca, spalla e i segmenti ossei degli arti superiori e inferiori (mano, avambraccio, braccio, coscia, gamba e piede).

Infine, l'analisi considera l'intero campione rispetto al ricorso alla fisioterapia, distinguendo le diverse modalità di accesso al professionista, al fine di delineare le principali abitudini di trattamento e prevenzione presenti tra gli atleti.

Analisi delle frequenze stratificate

Successivamente, vengono eseguite stratificazioni sul totale dei partecipanti al fine di analizzare in maniera più approfondita alcune caratteristiche specifiche in sottogruppi della popolazione. Poiché dalle analisi delle frequenze emerge che gli infortuni muscolari rappresentano la tipologia più frequentemente riportata, l'attenzione si concentra in particolare su questo sottogruppo di atleti. Per gli atleti che hanno riportato un infortunio esclusivamente di natura muscolare vengono calcolate frequenze assolute (n) e percentuali (%) in relazione ad alcune variabili di interesse, quali la frequenza degli allenamenti outdoor invernali a temperature inferiori a 10 °C (≤ 3 volte a settimana vs > 3 volte a settimana), il ricorso al fisioterapista (periodico, solo in caso di problematica fisica, mai) e i trattamenti fisioterapici intrapresi, tra cui esercizio terapeutico, terapia manuale, massoterapia, laser e applicazione di kinesio taping.

All'interno del medesimo sottogruppo vengono inoltre considerati gli atleti che si sono rivolti al fisioterapista, analizzando tramite frequenze assolute e percentuali l'esito della problematica, distinguendo tra coloro che dichiarano una risoluzione completa, parziale o assente.

È stata infine valutata la risoluzione della problematica in relazione all'adozione di un programma specifico di recupero.

Confronto tra proporzioni

Per indagare la presenza di differenze significative nell'incidenza degli infortuni muscolari in relazione a specifiche caratteristiche degli atleti, il campione è stato stratificato in base a variabili di interesse, quali il genere, la specialità praticata (velocità o fondo), l'esecuzione o meno dello stretching, l'esecuzione o meno del defaticamento, la durata del riscaldamento.

Le proporzioni ottenute nei diversi sottogruppi sono state confrontate mediante test χ^2 .

Parallelamente, è stata analizzata l'associazione tra la tipologia di infortunio e la modalità di insorgenza. A tal fine, gli atleti che hanno riportato infortuni muscolari o ossei/articolari sono stati suddivisi in base al meccanismo di comparsa, distinguendo tra lesioni derivanti dal gesto motorio specifico del pattinaggio e lesioni conseguenti a cadute o traumi da impatto. Il confronto tra proporzioni, effettuato attraverso test χ^2 , consente di verificare se gli infortuni muscolari risultino più frequentemente correlati al gesto tecnico e se, viceversa, gli infortuni osseo-articolari siano maggiormente associati a cadute traumatiche.

Correlazioni

È stata successivamente condotta un'analisi di correlazione al fine di esplorare possibili relazioni tra variabili quantitative e l'insorgenza di infortuni. In particolare, è stato preso in esame il rapporto tra il numero di ore settimanali di allenamento e la comparsa di infortuni muscolari, con l'obiettivo di valutare se un maggiore carico di allenamento sia correlato, in maniera diretta o inversa, alla probabilità di sviluppare tale tipologia di problematiche.

L'associazione è stata indagata mediante il coefficiente di correlazione di Pearson, che consente di misurare la forza e la direzione della relazione lineare tra le variabili considerate. Il livello di significatività statistica è stato prefissato a $p < 0,05$.

3. RISULTATI

3.1 Analisi statistiche

Sono stati inviati complessivamente 129 questionari, di cui 124 hanno avuto risposta (tasso di risposta pari al 96,12%). Nessuno di essi è stato escluso, in quanto tutti soddisfacevano i criteri di inclusione precedentemente definiti. I dati ottenuti da ciascun partecipante sono stati organizzati in un database strutturato in formato Microsoft Excel, che ha costituito la base per le successive analisi statistiche descrittive e inferenziali.

Caratteristiche dei partecipanti

Le caratteristiche del campione sono riassunte in Tabella IV. L'età dei partecipanti varia dai 18 ai 35 anni, con un valore medio pari a $22,38 \pm 4,22$ anni. La distribuzione per sesso evidenzia una prevalenza femminile (58,87%), mentre i maschi rappresentano il 41,13% del totale. Il peso medio del campione è di $64,54 \pm 9,84$ kg, mentre l'altezza media risulta pari a $169,35 \pm 9,10$ cm.

Tabella IV: Caratteristiche dei partecipanti

Partecipanti (N=124)	
Età, anni, media \pm SD	$22,38 \pm 4,22$
Sesso, maschi / femmine, n (%)	51 (41,13%) / 73 (58,87%)
Peso, kg, media \pm SD	$64,54 \pm 9,84$
Altezza, cm, media \pm SD	$169,35 \pm 9,10$

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.

Analisi delle frequenze

In Tabella V sono riportate le frequenze assolute e percentuali relative alle risposte del questionario somministrato. Nella stessa tabella sono state segnalate le domande a risposta multipla, non obbligatorie; per queste ultime la frequenza assoluta è stata calcolata sul totale dei partecipanti.

L'analisi delle specialità praticate evidenzia una prevalenza delle gare di resistenza, con la distanza dei 10.000-15.000 metri a eliminazione come la più rappresentata, scelta dal 51,61% del campione. Considerando la suddivisione per disciplina, gli atleti fondisti raccolgono complessivamente il 141,13% delle risposte, i velocisti il 99,19% e i mezzofondisti il 39,52%. Tali valori, superiori al 100%, sono giustificati dal carattere a risposta multipla della domanda, che consentiva a ciascun atleta di indicare più specialità praticate.

La maggior parte degli atleti dichiara di svolgere allenamenti della durata media di 1 ora e 30 minuti o 2 ore al giorno (54,84%), per una frequenza di 5-6 sedute a settimana (49,19%).

Nell'arco degli ultimi due anni, 91 atleti su 124 (73,39%) hanno sofferto di disturbi muscolo-scheletrici; nella maggioranza dei casi si è trattato di problematiche di tipo muscolare (62,64%). Tra gli infortuni muscolari degli arti inferiori, i distretti più interessati risultano gli adduttori (45,61%), seguiti dal quadricipite (35,09%) e dalla muscolatura lombare (28,07%).

Per quanto riguarda gli infortuni di tipo osseo/articolare, che rappresentano il 37,36% degli infortuni, la sede maggiormente coinvolta è l'articolazione della spalla (34,38%), seguita dalla caviglia (28,12%), dal ginocchio (25,00%) e dal polso (21,88%). Nel complesso, i dati

evidenziano una prevalenza delle problematiche a carico delle articolazioni rispetto ai segmenti ossei.

Infine, tra tutti gli atleti che hanno riportato disturbi muscolo-scheletrici, l'83,52% ha deciso di rivolgersi al fisioterapista per la gestione e la risoluzione della problematica.

Tabella V: Risposte dei questionari

Intervistati (N=124)	
Specialità (risposta multipla e non obbligatoria)	
A. 100m Sprint in corsia	42 (33,87%)
B. 1 giro Crono atleti Contrapposti	52 (41,94%)
C. 500m	52 (41,94%)
D. 1'000m	49 (39,52%)
E. 5'000-10'000m punti	56 (45,16%)
F. 10'000-15'000m eliminazione	64 (51,61%)
G. 5'000m in linea	19 (15,32%)
H. 10'000m in linea	21 (16,94%)
I. 42km	33 (26,61%)
Allenamenti settimanali	
A. 1-2 volte	3 (2,42%)
B. 3-4 volte	16 (12,90%)
C. 5-6 volte	61 (49,19%)
D. 7 o più volte	44 (35,48%)
Ore di allenamento al giorno	
A. Circa un'ora	4 (3,23%)
B. Tra 1h30min e 2h	68 (54,84%)
C. Tra 2h e 2h30min	33 (26,61%)
D. Più di 2h30min	19 (15,32%)
Durata riscaldamento	
A. Meno di 10min	10 (8,06%)
B. Meno di 20min	66 (53,23%)
C. Dai 20 ai 30min	39 (31,45%)
D. Dai 30 ai 40min	5 (4,03%)
E. Più di 40min	4 (3,23%)
Defaticamento	
A. Sì	98 (79,03%)
B. No	26 (20,97%)
Stretching	
A. Sì	76 (61,29%)
B. No	48 (38,71%)
Allenamenti settimanali outdoor	
A. Nessuna o 1 volta	17 (13,71%)

B. 2/3 volte C. Più di 3 volte	27 (21,77%) 80 (64,52%)
Allenamenti settimanali indoor A. Nessuna o 1 volta B. 2/3 volte C. Più di 3 volte	40 (32,36%) 46 (37,10%) 38 (30,65%)
Fisioterapia A. Periodicamente (sia quando ho un problema fisico che quando non ho un problema fisico) B. SOLO quando ho un problema fisico C. Mai	28 (22,58%) 77 (62,10%) 19 (15,32%)
Frequenza fisioterapia (da completare solo se hai risposto "Periodicamente" alla domanda precedente, risposta non obbligatoria) A. Almeno una volta a settimana B. Almeno una volta ogni due settimane C. Almeno una volta al mese D. Almeno una volta ogni 2/3 mesi	4 (14,81%) 6 (22,22%) 12 (44,44%) 5 (18,52%)
Disturbi muscolo scheletrici negli ultimi 2 anni A. Sì B. No	91 (73,39%) 33 (26,61%)
Rispondere alle domande successive solo se hai risposto "Sì" alla domanda precedente, tutte le domande successive sono NON obbligatorie	
Comparsa della problematica muscolo scheletrica A. Durante gli allenamenti B. Durante una gara	69 (75,82%) 22 (24,18%)
Insorgenza della problematica muscolo scheletrica A. Durante l'atto motorio del pattinaggio (partenza, accelerazione, allungo...) B. In seguito ad una caduta (trauma da impatto)	60 (65,93%) 31 (34,07%)
Tipologia degli infortuni A. A livello muscolare (contratture, lesioni muscolari) B. A livello articolare/osseo (sub-lussazione, lussazione, frattura...)	57 (62,64%) 34 (37,36%)
Gruppo muscolare interessato (Solo se hai risposto "A livello muscolare" alla domanda precedente, risposta multipla) A. Ischio crurali B. Quadricipite C. Adduttori D. Loggia anteriore della gamba E. Loggia posteriore della gamba F. Muscoli della schiena G. Muscoli glutei	11 (19,30%) 20 (35,09%) 26 (45,61%) 11 (19,30%) 8 (14,04%) 16 (28,07%) 4 (7,02%)

Zona Articolare/ossea coinvolta (Solo se hai risposto “A livello articolare/osseo”, risposta multipla)	
A. Ossa della mano	4 (12,50%)
B. Ossa dell'avambraccio	3 (9,38%)
C. Ossa del braccio	4 (12,50%)
D. Ossa della coscia	0 (0,00%)
E. Ossa della gamba	2 (6,25%)
F. Ossa del piede	4 (12,50%)
G. Articolazione del polso	7 (21,88%)
H. Articolazione del gomito	4 (12,50%)
I. Articolazione della spalla	11 (34,38%)
J. Articolazione dell'anca	2 (6,25%)
K. Articolazione del ginocchio	8 (25,00%)
L. Articolazione della caviglia	9 (28,12%)
Professionisti sanitari (Risposta multipla)	
A. Nessuno	6 (6,59%)
B. Fisioterapista	76 (83,52%)
C. Ortopedico/Fisiatra	29 (31,87%)
D. Altro...	7 (7,69%)
Trattamenti (Risposta multipla)	
A. Esercizio terapeutico	43 (51,81%)
B. Terapia Manuale	62 (74,70%)
C. Massoterapia	17 (20,48%)
D. Laser	28 (33,73%)
E. Applicazione di Kinesio Taping	31 (37,35%)
F. Altro...	13 (15,66%)
Risoluzione della problematica	
A. Sì	48 (52,75%)
B. No	14 (15,38%)
C. Sì, ma solo in parte	29 (31,87%)
Attività svolte per il recupero	
A. Ho interrotto completamente l'attività sportiva	16 (17,78%)
B. Ho svolto altre attività sportive	10 (11,11%)
C. Ho iniziato un programma specifico per il recupero dall'infortunio	27 (30,00%)
D. Ho continuato ad allenarmi normalmente, compatibilmente con il dolore	37 (41,11%)

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

Analisi delle frequenze stratificate

Come anticipato nel capitolo dedicato al disegno dello studio, le analisi delle frequenze stratificate sono state condotte ponendo attenzione agli infortuni di natura muscolare, che rappresentano la tipologia più frequente nel campione.

Nel sottogruppo composto da 57 atleti con infortunio muscolare, 31 (54,39%) riferiscono di allenarsi più di tre volte a settimana outdoor a temperature inferiori a 10 °C, mentre 26 (45,61%) riportano una frequenza pari o inferiore a tre volte.

Per quanto riguarda il ricorso preventivo al fisioterapista, indagato nella sezione del questionario dedicata all'allenamento, 39 atleti (68,42%) hanno dichiarato di rivolgersi al fisioterapista solo in caso di necessità, 12 (21,05%) in maniera periodica, mentre 6 (10,53%) non vi si sono mai rivolti.

In una sezione distinta del questionario, dedicata specificamente al trattamento post-infortunio muscolare e non obbligatoria, 50 atleti su 57 (87,72%) hanno invece riferito di essersi affidati al fisioterapista per la gestione della problematica.

Tra questi, i trattamenti più utilizzati sono risultati la terapia manuale (40 atleti, 80,00%), l'esercizio terapeutico (24 atleti, 48,00%), l'applicazione del kinesio taping (17 atleti, 34,00%), il laser (15 atleti, 30,00%) e la massoterapia (11 atleti, 22,00%). Terapie strumentali come tecarterapia o onde d'urto sono state riportate da 5 atleti (10,00%). È importante sottolineare che la domanda era a risposta multipla e che pertanto molti atleti hanno dichiarato di aver intrapreso trattamenti combinati, integrando più tecniche fisioterapiche per la risoluzione della propria problematica.

Un'ulteriore analisi ha preso in considerazione l'esito della problematica negli atleti che, avendo riportato un infortunio di natura muscolare, si sono rivolti al fisioterapista per il trattamento. Su un totale di 50 atleti, che si sono rivolti al fisioterapista 26 (52,00%) riferiscono una risoluzione completa, 16 (32,00%) un miglioramento parziale e 8 (16,00%) la persistenza della sintomatologia. Considerando l'intero sottogruppo dei 57 atleti con infortunio muscolare, 30 (52,63%) riportano una risoluzione completa, 18 (31,58%) parziale e 9 (15,79%) nessuna risoluzione.

Tra i 30 atleti che hanno subito un infortunio di tipo muscolare e hanno dichiarato una risoluzione completa, 13 (43,33%) hanno continuato ad allenarsi normalmente compatibilmente con il dolore, 9 (30,00%) hanno seguito un programma specifico di recupero, 4 (13,33%) hanno interrotto completamente l'attività, 3 (10,00%) hanno svolto attività alternative e 1 (3,33%) non ha fornito risposta.

Confronto tra proporzioni

Come delineato nel capitolo dedicato al disegno dello studio, il confronto tra proporzioni è stato utilizzato per valutare l'incidenza degli infortuni muscolari in relazione a specifiche caratteristiche degli atleti. A tal fine è stato preso in esame il sottogruppo composto da 57 atleti

che hanno riportato esclusivamente un infortunio muscolare, utilizzato come riferimento per le analisi successive. Soltanto nell'ultima analisi, relativa all'associazione tra tipologia di infortunio e modalità di insorgenza, è stato considerato il campione di 91 atleti con infortuni muscolo-scheletrici. Le proporzioni nei diversi sottogruppi sono state confrontate mediante test χ^2 , con soglia di significatività fissata a $p < 0,05$.

Le proporzioni nei diversi sottogruppi sono state confrontate mediante test χ^2 , con soglia di significatività fissata a $p < 0,05$.

Nel sottogruppo degli atleti che hanno riportato un infortunio esclusivamente di natura muscolare ($n = 57$), si è confrontata l'incidenza di tali problematiche in base al genere. I dati mostrano che 31 atlete di sesso femminile (54,39%) e 26 atleti di sesso maschile (45,61%) hanno riportato un infortunio muscolare; il test χ^2 ($\chi^2 = 0,4386$; $p = 0,5078$) non ha evidenziato differenze significative.

In relazione alla specialità, poiché la domanda relativa alle specialità era a risposta multipla, si è proceduto a riclassificare gli atleti in due gruppi mutuamente esclusivi. Sono stati considerati fondisti coloro che hanno indicato prevalentemente distanze di fondo (5.000–10.000 m a punti, 10.000–15.000 m a eliminazione, 5.000 m in linea, 10.000 m in linea, maratona 42 km), mentre sono stati classificati come velocisti gli atleti che hanno riportato principalmente distanze di velocità (100 m sprint, 1 giro crono, 500 m). Gli atleti che avevano selezionato distanze appartenenti a entrambe le categorie sono stati inclusi nel gruppo corrispondente alla specialità indicata con maggiore frequenza.

Sul campione totale ($n = 124$) è stata quindi analizzata l'associazione tra specialità e presenza di infortunio muscolare. Dei 67 atleti classificati come fondisti, 25 (37,3%) hanno riportato un infortunio muscolare, mentre i restanti 42 (62,7%) non hanno riportato alcuna problematica muscolare (inclusendo sia gli atleti non infortunati, sia coloro che hanno subito un infortunio osseo-articolare). Nel gruppo dei velocisti ($n = 56$), invece, 31 atleti (55,4%) hanno riportato un infortunio muscolare, mentre 25 (44,6%) non hanno avuto problematiche di questo tipo. Complessivamente, nel campione totale si osservano 57 atleti con infortunio muscolare (46,0%) e 67 senza (54,0%).

Il test χ^2 ha evidenziato una differenza statisticamente significativa ($\chi^2 = 4,00$; $p = 0,045$), indicando che la frequenza di infortuni muscolari è maggiore tra i velocisti rispetto ai fondisti.

Tabella VI: Specialità e infortuni muscolari

	Infortunio muscolare (n=57)	Nessun infortunio muscolare* (n=67)	Totale
Fondisti	25 (37,3%)	42 (62,7%)	67 (100%)
Velocisti	31 (55,4%)	25 (44,6%)	56 (100%)
Totale	57 (46,0%)	67 (54,0%)	124 (100%)

**La categoria "nessun infortunio muscolare" comprende sia gli atleti non infortunati sia quelli con infortuni osseo-articolari.*

È stata analizzata l'associazione tra l'inserimento dello stretching nella routine di allenamento e la presenza di infortuni muscolari. Dei 67 atleti che non hanno riportato un infortunio muscolare, 42 (62,7%) hanno dichiarato di praticare regolarmente stretching, mentre 25 (37,3%) non lo inseriscono nel programma. Tra i 57 atleti che hanno riportato un infortunio muscolare, 34 (59,7%) hanno riferito di eseguire stretching, contro 23 (40,3%) che non lo praticano. Complessivamente, nel campione totale (n = 124), 76 atleti (61,3%) dichiarano di praticare stretching e 48 (38,7%) non lo eseguono.

Il test χ^2 di indipendenza non ha evidenziato differenze statisticamente significative ($\chi^2 = 0,12$; $p = 0,729$), indicando che la pratica dello stretching non risulta associata in modo rilevante alla frequenza di infortuni muscolari nel campione analizzato.

Tabella VII: Stretching e infortuni muscolari

	Infortunio muscolare (n=57)	Nessun infortunio muscolare (n=67)	Totale
Stretching sì	34 (59,7%)	42 (62,7%)	76 (61,3%)
Stretching no	23 (40,3%)	25 (37,3%)	48 (38,7%)
Totale	57 (100%)	67 (100%)	124 (100%)

È stata analizzata l'associazione tra l'esecuzione del defaticamento al termine dell'allenamento e la presenza di infortuni muscolari. Dei 67 atleti che non hanno riportato un infortunio muscolare, 55 (82,1%) hanno dichiarato di svolgere regolarmente defaticamento, mentre 12 (17,9%) non lo inseriscono nella propria routine. Tra i 57 atleti che hanno riportato un infortunio muscolare, 43 (75,4%) hanno riferito di praticare defaticamento, contro 14 (24,6%) che non lo eseguono. Complessivamente, nel campione totale (n = 124), 98 atleti (79,0%) dichiarano di praticare defaticamento e 26 (21,0%) non lo eseguono.

Il test χ^2 di indipendenza non ha evidenziato differenze statisticamente significative ($\chi^2 = 0,82$; $p = 0,365$), indicando che l'esecuzione del defaticamento non risulta associata in modo rilevante alla frequenza di infortuni muscolari nel campione analizzato.

Tabella VIII: Defaticamento e infortuni muscolari

	Infortunio muscolare (n=57)	Nessun infortunio muscolare (n=67)	Totale
Defaticamento sì	43 (75,4%)	55 (82,1%)	98 (79,0%)
Defaticamento no	14 (24,6%)	12 (17,9%)	26 (21,0%)
Totale	57 (100%)	67 (100%)	124 (100%)

Per facilitare l'interpretazione, la durata del riscaldamento è stata riclassificata in due macro-categorie: inferiore a 20 minuti (incluendo le opzioni “meno di 10 minuti” e “meno di 20 minuti”) e superiore o uguale a 20 minuti (comprendendo le risposte “20-30 minuti”, “30-40 minuti” e “più di 40 minuti”).

Dei 67 atleti che non hanno riportato un infortunio muscolare, 41 (61,2%) hanno dichiarato di svolgere un riscaldamento inferiore a 20 minuti, mentre 26 (38,8%) si preparano per almeno 20 minuti. Tra i 57 atleti che hanno riportato un infortunio muscolare, 35 (61,4%) hanno riferito una durata di riscaldamento inferiore a 20 minuti e 22 (38,6%) pari o superiore a 20 minuti. Complessivamente, nel campione totale (n = 124), 76 atleti (61,3%) dichiarano di effettuare un riscaldamento inferiore a 20 minuti e 48 (38,7%) un riscaldamento di durata pari o superiore a 20 minuti.

Il test χ^2 di indipendenza non ha evidenziato differenze statisticamente significative ($\chi^2 = 0,001$; $p = 0,981$), indicando che la durata del riscaldamento non risulta associata alla frequenza di infortuni muscolari nel campione analizzato.

Tabella IX: Durata riscaldamento e infortuni muscolari

Durata riscaldamento	Infortunio muscolare (n=57)	Nessun infortunio muscolare (n=67)	Totale
<20 min	35 (61,4%)	41 (61,2%)	76 (61,3%)
≥20 min	22 (38,6%)	26 (38,8%)	48 (38,7%)
Totale	57 (100%)	67 (100%)	124 (100%)

Infine, è stata analizzata l'associazione tra tipologia di infortunio e modalità di insorgenza. Su 91 atleti con infortunio muscolo-scheletrico, 57 (62,6%) hanno riportato un infortunio muscolare e 34 (37,4%) un infortunio osseo-articolare. Gli infortuni muscolari si sono verificati prevalentemente durante il gesto motorio (54 casi, 94,7%), mentre quelli osseo-articolari sono stati in gran parte legati a cadute (28 casi, 82,4%). L'associazione è risultata altamente significativa ($\chi^2 = 52,97$; $p < 0,0001$).

Correlazioni

È stata successivamente condotta un'analisi di correlazione al fine di indagare la relazione tra il numero medio di ore giornaliere di allenamento e la comparsa di infortuni muscolari. Il coefficiente di correlazione di Pearson ha mostrato un valore pari a $r = -0,078$, suggerendo una relazione inversa molto debole: al crescere delle ore di allenamento si osserva una lieve tendenza alla riduzione della frequenza di infortuni muscolari. Tuttavia, tale associazione non è risultata statisticamente significativa ($p = 0,462$), indicando che la relazione osservata potrebbe essere dovuta al caso e non riflettere un effetto reale.

4. DISCUSSIONE

4.1 Analisi statistica sugli infortuni muscolari

Dall'analisi dei questionari emerge come gli infortuni muscolo-scheletrici rappresentino una problematica rilevante per gli atleti di pattinaggio di velocità in linea, avendo interessato 91 su 124 soggetti (73,39%) negli ultimi due anni. La maggior parte di tali eventi riguarda gli infortuni muscolari, che costituiscono il 62,64% del totale. All'interno di questa categoria, i distretti più frequentemente coinvolti risultano essere gli adduttori (45,61%), seguiti dal quadricipite (35,09%) e dalla muscolatura lombare (28,07%).

Tali risultati possono essere interpretati alla luce delle peculiarità biomeccaniche del gesto tecnico, che richiede una continua attivazione eccentrica degli adduttori nella spinta laterale, un ruolo determinante del quadricipite nel mantenimento della posizione accosciata e un elevato impegno della muscolatura lombare nella stabilizzazione del tronco ⁽⁸⁾.

Il ruolo centrale degli adduttori negli infortuni muscolari merita un'ulteriore riflessione. Durante la fase di spinta, il pattinatore applica forza in direzione laterale ed è costretto a contrastare una significativa componente di abduzione dell'anca: in questo contesto, gli adduttori lavorano intensamente in modalità eccentrica per controllare l'apertura della gamba e, subito dopo, in modalità concentrica per riportarla in linea con il bacino ⁽⁸⁾. Questo alternarsi continuo di contrazioni eccentriche e concentriche, ad alta intensità e ripetute per migliaia di cicli durante l'allenamento e la competizione, espone il gruppo addutorio a microtraumi ripetuti, con un rischio elevato di stiramenti e tendinopatie ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾. Inoltre, gli adduttori svolgono un ruolo chiave nella stabilizzazione del bacino e nel trasferimento delle forze tra arto in appoggio e tronco: un deficit di resistenza o di controllo neuromotorio in questa regione può facilmente tradursi in sovraccarichi funzionali e in un aumento della suscettibilità agli infortuni ⁽⁹⁾.

Il ruolo centrale degli adduttori e del quadricipite negli infortuni muscolari trova conferma nella letteratura. Lo studio condotto su giovani pattinatori d'élite spagnoli ha evidenziato un'incidenza di 1,65 infortuni ogni 1000 ore di esposizione, con il 79% delle lesioni localizzate agli arti inferiori e una prevalenza di lesioni muscolari e tendinee (0,92/1000 h) a carico soprattutto di quadricipite, ischiocrurali e adduttori ⁽¹¹⁾. L'elevata frequenza di pubalgie e tendinopatie descritte negli sport di scorrimento ⁽¹¹⁾ appare quindi coerente con quanto osservato nel nostro campione, dove il distretto adduttorio è risultato il più colpito.

Un aspetto di rilievo emerso dai nostri dati è l'incidenza non trascurabile delle problematiche a carico della muscolatura lombare, meno frequentemente riportata negli studi precedenti, ma plausibilmente legata alla postura accosciata tipica della disciplina, che impone un impegno costante ai muscoli estensori spinali per il mantenimento della stabilità del tronco. Questo elemento amplia le osservazioni disponibili in letteratura, suggerendo che i programmi di prevenzione non debbano limitarsi ai soli arti inferiori, ma includere anche il rinforzo e il controllo neuromotorio del core.

Nel complesso, i risultati di questo studio si collocano in linea con le principali evidenze epidemiologiche ⁽¹¹⁾⁽²¹⁾, confermando che gli infortuni muscolari rappresentano la problematica principale nel pattinaggio di velocità in linea, in relazione diretta alle richieste biomeccaniche della disciplina.

4.2 Fattori di rischio

Specialità

L'analisi statistica ha evidenziato una differenza significativa nella distribuzione degli infortuni muscolari in relazione alla specialità ($\chi^2 = 4,00$; $p = 0,045$). In particolare, i velocisti hanno riportato un numero maggiore di lesioni muscolari (55,4%) rispetto ai fondisti (37,3%). Questo risultato suggerisce che la specialità praticata possa rappresentare un potenziale fattore di rischio per l'insorgenza di problematiche muscolari.

Dal punto di vista biomeccanico, tale evidenza risulta plausibile. Nei velocisti, le prove brevi e ad alta intensità richiedono una produzione di forza elevata in tempi molto rapidi, con ripetute contrazioni eccentriche a carico dei principali gruppi muscolari degli arti inferiori. La necessità di generare potenza esplosiva durante fasi di accelerazione e mantenimento della velocità comporta un incremento delle sollecitazioni sui muscoli della coscia, in particolare adduttori e quadricipiti, già identificati come i distretti più vulnerabili. Al contrario, nei fondisti prevalgono sollecitazioni di tipo cumulativo e cronico, caratterizzate da carichi meno intensi ma più

prolungati, che sembrano tradursi in una minore incidenza di lesioni muscolari acute rispetto ai velocisti.

Questa interpretazione trova riscontro anche nella letteratura relativa a discipline affini, come l'atletica leggera, in cui gli sprinters presentano un'elevata incidenza di lesioni muscolari, in particolare a carico dei muscoli della coscia ⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾. Al contrario, nei fondisti risultano più comuni problematiche da sovraccarico cronico, interessanti prevalentemente il comparto del piede e della gamba, con una minore incidenza di lesioni muscolari acute rispetto ai velocisti ⁽³¹⁾⁽³²⁾. Il parallelismo con la corsa suggerisce che anche nel pattinaggio di velocità la specialità praticata possa modulare il rischio infortunistico: i velocisti appaiono maggiormente esposti a sollecitazioni esplosive ed eccentriche, mentre i fondisti sono soggetti a carichi prolungati ma meno traumatici.

In assenza di studi specifici sulla disciplina, i risultati del presente lavoro contribuiscono a delineare l'ipotesi che la tipologia di specialità (velocità vs fondo) rappresenti un determinante nella distribuzione degli infortuni muscolari negli atleti di pattinaggio di velocità in linea.

Basse temperature

Nel sottogruppo di atleti che hanno riportato un infortunio muscolare, oltre la metà (54,39%) ha riferito di allenarsi più di tre volte a settimana all'aperto con temperature inferiori a 10 °C. Questo dato potrebbe suggerire un potenziale ruolo del freddo come fattore predisponente, in linea con la letteratura che evidenzia un incremento del rischio di lesioni muscolari in condizioni ambientali più rigide. È plausibile che l'allenamento ripetuto a basse temperature, specie se associato a contrazioni esplosive ed eccentriche tipiche del pattinaggio di velocità, aumenti le sollecitazioni sui muscoli degli arti inferiori. Tuttavia, l'interpretazione deve essere cauta, poiché il dato non consente di stabilire un rapporto causale e potrebbe riflettere semplicemente una maggiore esposizione complessiva agli allenamenti.

A supporto di questa ipotesi, uno studio condotto su competizioni di atletica leggera ha evidenziato che temperature ambientali più elevate sono associate a un rischio inferiore di lesioni muscolari, mentre al diminuire della temperatura aumentava l'incidenza di tali infortuni, in particolare nelle prove di sprint ⁽³³⁾. Lo stesso articolo ha riportato che i tassi più bassi di lesioni ai muscoli della coscia si osservavano con temperature superiori a 25 °C, mentre valori compresi tra 10 e 14,9 °C erano associati a una maggiore frequenza di lesioni ⁽³³⁾. Dal punto di vista fisiologico, è stato inoltre evidenziato che una ridotta temperatura muscolare può compromettere la performance diminuendo la produzione di potenza, alterando la dinamica di

contrazione e favorendo l'accumulo di lattato, condizioni che possono incrementare la suscettibilità a lesioni muscolari acute ⁽³⁴⁾.

4.3 Fattori protettivi

Stretching

È stato indagato il potenziale ruolo protettivo dello stretching nella riduzione del rischio di infortuni muscolari, poiché numerose ricerche lo identificano come possibile fattore preventivo grazie alla sua capacità di incrementare la flessibilità muscolare ⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾. In particolare, una recente revisione narrativa ha evidenziato che lo stretching dinamico, se inserito all'interno della routine di riscaldamento, può contribuire a ridurre l'incidenza di infortuni negli atleti, agendo su fattori di rischio quali rigidità muscolare e limitazioni della mobilità articolare ⁽³⁵⁾.

Nel presente studio non è emersa un'associazione significativa tra la pratica dello stretching e la frequenza di infortuni muscolari ($\chi^2 = 0,12$; $p = 0,729$). Dei 57 atleti che hanno riportato un infortunio muscolare, 34 praticavano stretching e 23 non lo praticavano; tra i 67 atleti senza infortuni muscolari, 42 eseguivano stretching e 25 non lo eseguivano.

Il confronto con la letteratura suggerisce che la mancata significatività dei risultati potrebbe dipendere da vari fattori. Il questionario utilizzato nel presente lavoro presenta alcuni limiti metodologici in quanto non ha previsto la distinzione tra tipologia di stretching (statico, dinamico) né il momento della seduta in cui veniva eseguito (prima, dopo o durante l'allenamento), variabili che influenzano in maniera sostanziale l'efficacia della pratica. È quindi plausibile che, pur esistendo un potenziale effetto protettivo in determinate condizioni, nel nostro campione non sia stato possibile rilevarne l'impatto per via dell'eterogeneità delle modalità con cui lo stretching veniva svolto.

Gli studi che hanno confrontato gli effetti dello stretching dinamico e statico hanno riportato un miglioramento del range di movimento più che doppio con lo stretching statico rispetto al dinamico. Un aumento dell'escursione articolare potrebbe teoricamente ridurre lo stress e la tensione sui muscoli, contribuendo così a una minore incidenza di infortuni. Tale vantaggio risulterebbe particolarmente rilevante negli sport che richiedono un'elevata ampiezza di movimento, come lo sprint, rispetto ai benefici più limitati osservabili in discipline caratterizzate da escursioni articolari ridotte, come le distanze di fondo ⁽³⁵⁾.

Una metanalisi ha inoltre evidenziato che un riscaldamento basato su stretching dinamico ha migliorato in maniera significativa le prestazioni atletiche — velocità, agilità, forza, potenza muscolare ed equilibrio — in 20 studi, attribuendo tali effetti all'incremento della temperatura muscolare e corporea e a una maggiore attivazione neuromuscolare ⁽³⁵⁾. A contrario, altri studi

hanno riportato che lo stretching statico effettuato immediatamente prima della prestazione sportiva può avere effetti negativi sulla performance, mentre lo stretching dinamico risulta associato a esiti positivi ⁽³⁷⁾.

Nel complesso, pur non avendo riscontrato un effetto protettivo significativo nel nostro campione, l'evidenza scientifica suggerisce che lo stretching dinamico rappresenti una pratica raccomandabile, potenzialmente utile non solo nella prevenzione delle lesioni muscolari ma anche nel miglioramento della performance sportiva. I risultati di questo studio si inseriscono dunque nel dibattito scientifico attuale, sottolineando l'importanza di considerare le modalità e i tempi di esecuzione dello stretching per definirne appieno il ruolo preventivo.

Defaticamento e Riscaldamento

È stato analizzato l'effetto potenziale del riscaldamento (warm-up) e del defaticamento (cool-down) per comprendere se tali pratiche rivestano un ruolo effettivo nella prevenzione degli infortuni muscolari. Prima di presentare i dati raccolti, è utile richiamare quanto riportato dalla letteratura. Uno studio randomizzato controllato condotto da Law e Herbert ⁽³⁸⁾ ha evidenziato che il riscaldamento riduce significativamente il dolore muscolare a insorgenza ritardata (DOMS), mentre il defaticamento non produce effetti apprezzabili sul recupero muscolare. Questi risultati suggeriscono che warm-up e cool-down, pur essendo entrambi comunemente adottati dagli atleti, possano avere un impatto differente in termini di prevenzione del danno muscolare e meritino quindi un'analisi separata.

Nel campione analizzato, la maggior parte degli atleti ha dichiarato di eseguire regolarmente defaticamento, con l'82,1% tra i non infortunati e il 75,4% tra gli infortunati (entrambi riferiti ai soli infortuni muscolari), a conferma di una pratica consolidata nella routine di allenamento. Tuttavia, l'analisi statistica ($\chi^2 = 0,82$; $p = 0,365$) non ha evidenziato differenze significative tra i due gruppi, indicando che, pur essendo ampiamente diffuso, il defaticamento non si associa in maniera rilevante alla riduzione del rischio di infortuni muscolari.

Questi risultati trovano riscontro nella letteratura. Una revisione narrativa di Van Hooren e Peake ⁽³⁹⁾ ha infatti evidenziato che il cool-down, sebbene favorisca un più rapido ritorno ai livelli basali di lattato nel sangue, non riduce in modo significativo né il DOMS né i marker indiretti di danno muscolare, né tanto meno l'incidenza di infortuni. Gli autori sottolineano come i benefici del defaticamento siano principalmente di natura psicologica e legati alla percezione di benessere e al mantenimento della routine, piuttosto che a un'efficacia dimostrata sul piano fisiologico ⁽³⁹⁾. Alla luce di queste evidenze, anche nel presente campione il

defaticamento non si è rivelato un fattore protettivo statisticamente rilevante contro gli infortuni muscolari.

Per valutare l'impatto del riscaldamento sulla prevenzione degli infortuni muscolari, nell'analisi condotta è stata confrontata la presenza di lesioni in atleti che eseguivano un riscaldamento più lungo o più breve di 20 minuti. La maggior parte degli atleti ha dichiarato di svolgere un riscaldamento inferiore a 20 minuti, sia tra i non infortunati (61,2%) sia tra gli infortunati (61,4%) (entrambi riferiti ai soli infortuni muscolari). L'analisi statistica ($\chi^2 = 0,001$; $p = 0,981$) non ha mostrato differenze significative, suggerendo che la sola durata del warm-up non sia associata al rischio di infortuni muscolari. Un limite rilevante di questa analisi è che l'adeguatezza del riscaldamento è stata valutata esclusivamente sulla base del tempo dedicato, senza indagare il tipo di esercizi svolti o il contenuto della routine, variabili che la letteratura riconosce come determinanti per la sua efficacia preventiva.

Una revisione sistematica con metanalisi di Ding et al. ⁽⁴⁰⁾ ha infatti dimostrato che i programmi strutturati di warm-up riducono in maniera significativa l'incidenza di infortuni sportivi, con una riduzione del rischio di circa il 36% rispetto ai controlli. L'efficacia maggiore è stata osservata nei programmi che integravano componenti di forza, equilibrio e pliometria all'interno di un riscaldamento progressivo e specifico per lo sport. In linea con queste evidenze, uno studio più recente di Paravlic et al. ⁽⁴¹⁾ ha confermato che i programmi di warm-up neuromuscolare, anche se di breve durata (≤ 15 minuti), risultano efficaci nel ridurre l'incidenza di infortuni e nel migliorare la funzione neuromuscolare. Tali programmi integravano componenti di corsa, agilità, equilibrio, pliometria ed esercizi di forza, con enfasi sulla corretta esecuzione dei movimenti e la progressione graduale del carico.

Queste evidenze suggeriscono che il warm-up, se ben strutturato e basato su esercizi mirati di mobilità, attivazione e rinforzo neuromuscolare, rappresenta una strategia preventiva efficace, capace di incidere sia sulla performance che sulla riduzione del rischio di lesioni muscolari, in particolare negli sport caratterizzati da contrazioni rapide ed eccentriche come il pattinaggio di velocità. Al contrario, il cool-down appare una pratica più legata alla routine e al benessere percepito, con benefici prevalentemente soggettivi e non supportati da una solida evidenza scientifica.

Ore di allenamento settimanali

È stata condotta un'analisi volta a indagare la possibile relazione tra le ore settimanali di allenamento e la frequenza degli infortuni muscolari, con l'obiettivo di verificare se un maggiore volume di allenamento fosse associato a un incremento delle lesioni da sovraccarico

(*overuse*). In ambito sportivo, è opinione diffusa che carichi di allenamento eccessivi possano rappresentare un fattore predisponente allo sviluppo di infortuni da sovraccarico ⁽³²⁾.

L'analisi di correlazione di Pearson ha mostrato un coefficiente pari a $r = -0,078$, suggerendo una relazione inversa molto debole: all'aumentare delle ore di allenamento settimanali, si osserva una lieve tendenza alla riduzione della frequenza di infortuni muscolari. Tuttavia, tale associazione non è risultata statisticamente significativa ($p = 0,462$), indicando che la relazione osservata potrebbe essere dovuta al caso e non rappresentare un effetto reale.

Questi risultati suggeriscono che, nel campione analizzato, il volume settimanale di allenamento non è correlato all'incidenza di infortuni muscolari. È possibile ipotizzare che fattori come la qualità del carico, la distribuzione delle intensità e la capacità di recupero dell'atleta giochino un ruolo più determinante rispetto al mero numero di ore di allenamento.

In linea con questi risultati, lo studio condotto da D'Souza ⁽⁴²⁾ non ha riscontrato alcuna correlazione significativa tra le ore settimanali di allenamento e l'incidenza complessiva di infortuni, suggerendo che il rischio infortunistico possa dipendere più dalla gestione del carico e dalla preparazione fisica che dal volume totale di allenamento.

4.4 Tipologia di infortuni: gesto tecnico VS trauma da impatto

È stata analizzata l'associazione tra la tipologia di infortunio e la modalità di insorgenza, con l'obiettivo di distinguere gli infortuni legati al gesto tecnico specifico del pattinaggio di velocità da quelle dovute a traumi da impatto (*cadute*).

Tra i 91 atleti che hanno riportato un infortunio muscolo-scheletrico, 57 (62,6%) hanno subito un infortunio muscolare e 34 (37,4%) un infortunio osseo-articolare. Gli infortuni muscolari si sono verificati prevalentemente durante l'esecuzione del gesto motorio (54 casi, 94,7%), mentre quelli osseo-articolari sono stati in gran parte conseguenti a cadute (28 casi, 82,4%). L'associazione è risultata altamente significativa ($\chi^2 = 52,97$; $p < 0,0001$), evidenziando una chiara distinzione tra i due meccanismi di lesione.

Questi risultati appaiono coerenti con le caratteristiche della disciplina, in cui le sollecitazioni ripetute e le posture specifiche determinano un'elevata incidenza di infortuni muscolari, mentre le cadute rappresentano la principale causa di traumi acuti a carico delle strutture articolari.

La letteratura conferma tale dualità epidemiologica. Lo studio condotto su giovani pattinatori d'élite spagnoli ⁽¹¹⁾ ha evidenziato una prevalenza di lesioni muscolari e tendinee agli arti inferiori, a supporto del ruolo predominante degli infortuni da gesto tecnico. Al contrario, indagini epidemiologiche condotte su ampie popolazioni di praticanti ricreativi e agonisti

(19)(20)(21) hanno documentato che le cadute costituiscono la principale causa di traumi acuti, con una maggiore incidenza di fratture e distorsioni, in particolare a carico degli arti superiori.

Nel complesso, i dati del presente studio confermano quanto riportato in letteratura, delineando due profili infortunistici distinti: da un lato, lesioni muscolari legate al gesto tecnico e al sovraccarico funzionale; dall'altro, traumi acuti da caduta con prevalente coinvolgimento osseo-articolare. Tale distinzione suggerisce la necessità di strategie preventive differenziate, che integrino interventi di rinforzo e controllo neuromuscolare per ridurre le lesioni muscolari, sia misure di sicurezza volte a limitare le conseguenze delle cadute, come l'utilizzo sistematico di adeguate protezioni.

4.5 Ruolo della fisioterapia

Fisioterapia e gestione degli infortuni muscolari

Nel sottogruppo di atleti che hanno riportato un infortunio muscolare, la fisioterapia emerge come il principale riferimento terapeutico nella fase di recupero. La grande maggioranza dei soggetti, pari a 50 atleti su 57 (87,72%) ha dichiarato di essersi affidata al fisioterapista per la gestione dell'infortunio, una percentuale superiore rispetto a quella che ha fatto ricorso a figure mediche, confermando l'importanza attribuita al trattamento fisioterapico nel percorso di guarigione e nel ritorno all'attività sportiva.

Un importante obiettivo di questo studio era quello di indagare la risoluzione di problematiche muscolari nei 50 atleti che hanno avuto un infortunio e si sono rivolti al fisioterapista. Tra questi, 8 (16,00%) non hanno risolto la problematica fisica, 16 (32,00%) hanno riportato un miglioramento parziale e 26 (52,00%) una risoluzione completa. Questi dati suggeriscono che, nella maggior parte dei casi, l'intervento fisioterapico sia stato efficace nel favorire la risoluzione o il miglioramento significativo della sintomatologia muscolare.

L'analisi delle modalità di intervento mostra una netta prevalenza della terapia manuale, utilizzata da 40 atleti (80,00%), seguita dall'esercizio terapeutico (24 atleti, 48,00%), dal kinesio taping (17 atleti, 34,00%), dal laser (15 atleti, 30,00%) e dalla massoterapia (11 atleti, 22,00%). Tecniche strumentali come tecarterapia e onde d'urto sono state riportate da 5 atleti (10,00%). È importante sottolineare che la domanda prevedeva risposte multiple, indicando che molti atleti hanno seguito programmi riabilitativi multimodali, basati sull'integrazione di diverse tecniche fisioterapiche.

In letteratura, l'esercizio terapeutico rappresenta il gold standard nella riabilitazione delle lesioni muscolari, poichè favorisce la rigenerazione tissutale, recupero funzionale e riduzione delle recidive, soprattutto con esercizi eccentrici e di allungamento controllato ⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾. Tali

protocolli risultano più efficaci degli approcci convenzionali e facilitano un ritorno allo sport più rapido e sicuro ⁽⁴⁵⁾.

La terapia manuale, pur essendo ampiamente utilizzata, viene descritta in letteratura come un supporto utile al recupero, ma non come un intervento sostitutivo all'esercizio attivo ⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾.

Le terapie fisiche strumentali (laser, tecar, onde d'urto) hanno impiego minoritario e evidenze controverse: le revisioni non mostrano benefici clinici significativi oltre miglioramenti transitori del dolore e nessun effetto duraturo sul recupero ⁽⁴⁶⁾⁽⁴⁷⁾⁽⁴⁸⁾.

La revisione sistematica sull'efficacia delle *physical agent modalities* ⁽⁴⁶⁾ negli atleti infortunati non ha riscontrato differenze statisticamente significative rispetto ai trattamenti di controllo in termini di riduzione del dolore o miglioramento funzionale. Analogamente, una revisione sull'ultrasuonoterapia ha concluso che le evidenze a sostegno del suo impiego sono scarse e clinicamente non rilevanti, con risultati sovrapponibili al placebo ⁽⁴⁷⁾. Più recentemente, uno studio comparativo sulle diverse modalità fisioterapiche ha riportato benefici solo transitori entro le prime 48 ore dal trattamento, senza effetti a lungo termine sul recupero muscolare ⁽⁴⁸⁾. Nel complesso, i risultati del presente studio confermano il ruolo centrale dell'esercizio terapeutico nella gestione delle lesioni muscolari e quello complementare della terapia manuale, utile nel supportare il recupero ma non sostitutiva dell'esercizio attivo. Le terapie fisiche strumentali rimangono invece interventi di efficacia non comprovata, da considerare come eventuale supporto sintomatico all'interno di un approccio riabilitativo multimodale.

Programma riabilitativo per l'infortunio agli adduttori

Considerando successivamente i 30 atleti che hanno subito un infortunio di tipo muscolare e hanno dichiarato una risoluzione completa, 13 (43,33%) hanno continuato ad allenarsi normalmente compatibilmente con il dolore, 9 (30,00%) hanno seguito un programma specifico di recupero, 4 (13,33%) hanno interrotto completamente l'attività, 3 (10,00%) hanno svolto attività alternative e 1 (3,33%) non ha fornito risposta.

Questo dato suggerisce una tendenza del campione a proseguire l'attività sportiva anche in presenza della problematica, probabilmente condizionata dai ritmi e dagli impegni agonistici, che rendono complesso sospendere l'allenamento durante la stagione competitiva.

Tuttavia, la letteratura sottolinea come un programma specifico di recupero, basato sull'esercizio terapeutico rappresenti il gold standard nella gestione delle lesioni muscolari, sia in fase riabilitativa sia in un'ottica preventiva ⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾.

L'infortunio agli adduttori è risultato la lesione muscolare più frequente nel presente studio, riportata dal 45,61% degli atleti che hanno subito un infortunio muscolare. In letteratura, le più

recenti linee guida cliniche raccomandano un approccio riabilitativo attivo e progressivo, basato su esercizi di forza, coordinazione ed equilibrio dei muscoli dell'anca e del bacino, in un'ottica di prevenzione primaria, secondaria e terziaria ⁽⁴⁹⁾.

Il protocollo di Hölmich et al. (1999) rappresenta tuttora un riferimento per la riabilitazione di queste lesioni, dimostrando che un programma di rinforzo attivo degli adduttori e di controllo neuromuscolare del bacino è più efficace dei trattamenti passivi tradizionali nel ridurre il dolore e favorire il ritorno allo sport ⁽⁵⁰⁾. Il protocollo comprende esercizi isometrici e dinamici di adduzione, lavoro sul core, equilibrio monopodalico e movimenti funzionali su *slide board*, con progressione graduale del carico in base alla tolleranza al dolore.

Le linee guida più recenti confermano la validità di tale approccio, ponendo l'esercizio eccentrico-concentrico, come il *Copenhagen Adduction Exercise*, al centro della riabilitazione per la sua efficacia nel potenziare la forza eccentrica e ridurre il rischio di recidiva ⁽⁴⁹⁾. In sintesi, la gestione delle lesioni agli adduttori dovrebbe fondarsi su un programma attivo e strutturato, che integri forza, controllo lombo-pelvico e monitoraggio del dolore, associando tecniche passive solo come supporto.

Fisioterapia e prevenzione delle lesioni agli adduttori

Per quanto riguarda il ricorso preventivo al fisioterapista, i dati emersi mostrano una limitata integrazione della fisioterapia nella routine dell'atleta. Infatti, tra gli atleti che hanno subito un infortunio muscolare il 68,42% ha dichiarato di rivolgersi al fisioterapista solo in caso di necessità, il 21,05% lo fa in maniera periodica, mentre il 10,53% riferisce di non essersi mai sottoposti a trattamenti fisioterapici. Questi risultati evidenziano una gestione prevalentemente reattiva della fisioterapia, finalizzata al trattamento dell'infortunio piuttosto che alla prevenzione primaria.

La letteratura, tuttavia, sottolinea come l'inserimento sistematico del fisioterapista all'interno del percorso di allenamento rappresenti un elemento chiave nella prevenzione degli infortuni muscolari. Diversi studi suggeriscono che un approccio proattivo, basato su valutazioni periodiche, programmi di esercizio terapeutico personalizzati e monitoraggio del carico di lavoro, consenta di ridurre significativamente il rischio di lesioni e recidive ⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁹⁾.

Poiché l'infortunio agli adduttori è risultato il più frequente nel presente studio, risulta fondamentale considerare strategie preventive efficaci mirate a ridurre l'incidenza di tali problematiche. In letteratura, diversi programmi specifici hanno dimostrato che il rinforzo mirato della muscolatura adduttrice rappresenta la chiave della prevenzione.

L'“Adductor Strengthening Programme”, validato nel calcio, si basa su esercizi eccentrici e concentrici come il *Copenhagen Adduction Exercise*, da eseguire in progressione (da leve corte a leve lunghe) per aumentare la forza eccentrica e riequilibrare il rapporto di forza adduttori/abduuttori ⁽⁵¹⁾. Questo programma, eseguito due volte a settimana durante la stagione, ha dimostrato di ridurre del 41% l'incidenza di infortuni agli adduttori nei calciatori professionisti ⁽⁵¹⁾. Analogamente, Núñez et al. (2020) hanno evidenziato che un programma di strength conditioning focalizzato sul rinforzo eccentrico degli adduttori, mediante adduzioni laterali su slide board, esercizi isometrici con palla tra le ginocchia e lavoro di stabilità del core, contribuisce al mantenimento dell'equilibrio adduttori/abduuttori e a una riduzione dei tassi di infortunio ⁽⁵²⁾. Infine, Cotellessa et al. (2023) hanno proposto un protocollo preventivo combinato, comprendente esercizi di forza isometrica ed eccentrica, stretching dinamico controllato e stabilizzazione lombo-pelvica, ottenendo una riduzione significativa della comparsa di groin pain negli atleti d'élite giovanili ⁽⁵³⁾.

Nel complesso, la letteratura suggerisce che un programma preventivo efficace dovrebbe includere il *Copenhagen Adduction Exercise*, esercizi isometrici e dinamici di adduzione con resistenza elastica o pallone, slide board, stabilità del core e stretching dinamico progressivo degli adduttori, da integrare regolarmente nella routine di allenamento per ridurre il rischio di infortunio agli adduttori e migliorare la performance.

4.6 Limiti

Il presente studio presenta alcuni limiti che è importante considerare nell'interpretazione dei risultati.

Un primo limite riguarda la dimensione del campione: sebbene il numero totale di questionari raccolti (n=124) sia adeguato per una descrizione generale della popolazione indagata, il sottogruppo utilizzato per la maggior parte delle analisi, costituito dagli atleti che hanno riportato esclusivamente infortuni muscolari (n=57), risulta più ridotto, limitando la potenza statistica e la generalizzabilità dei risultati.

Un ulteriore limite è rappresentato dall'assenza di una diagnosi clinica o strumentale degli infortuni riportati. Il questionario non prevedeva infatti la conferma ecografica o medica delle lesioni, né la classificazione secondo sistemi standardizzati come la British Athletics Muscle Injury Classification (BAMIC). Questo aspetto ha impedito di distinguere i diversi gradi di severità delle lesioni e di analizzare le eventuali differenze, sia in termini di trattamento riabilitativo che di tempi di recupero e rischio di recidiva.

Il disegno trasversale dello studio e l'utilizzo di un questionario auto-compilato rappresentano un ulteriore elemento di criticità. L'affidamento al ricordo soggettivo degli atleti, con una finestra temporale di riferimento di due anni, può aver introdotto errori di memoria o di interpretazione (recall bias) e portato a una sottostima o sovrastima di alcune variabili, come la frequenza degli infortuni o l'effettiva adesione ai programmi di prevenzione e trattamento.

Anche la struttura del questionario comporta alcune limitazioni metodologiche. Alcune domande erano a risposta multipla e non obbligatoria, generando percentuali superiori al 100% e dati talvolta incompleti, che hanno reso più complessa la valutazione comparativa. Inoltre, le domande relative ai trattamenti fisioterapici non consentivano di distinguere in modo dettagliato la tipologia, la durata e l'intensità degli interventi eseguiti, rendendo difficile stabilire quale componente del trattamento (esercizio, terapia manuale, laser, tecarterapia) abbia avuto un ruolo maggiore nel recupero.

Non sono stati inoltre raccolti dati su alcune variabili potenzialmente confondenti, come la presenza di precedenti infortuni muscolari, la storia clinica personale, l'uso di specifiche attrezzature sportive (telaio, ruote, tipologia di superficie di allenamento), che potrebbero aver influenzato l'incidenza e la tipologia degli infortuni. Analogamente, non sono state considerate le differenze culturali o etniche dei partecipanti, che possono influenzare l'approccio alla prevenzione e al trattamento fisioterapico.

Non è stato possibile raccogliere informazioni sull'aderenza, sulla frequenza e sulla progressione dei carichi nei programmi riabilitativi o preventivi, elementi fondamentali per la valutazione dell'efficacia dell'esercizio terapeutico.

Infine, occorre considerare la validità esterna dello studio: il campione, costituito da pattinatori di velocità in linea di livello agonistico di età compresa tra 18 e 35 anni, rappresenta una popolazione specifica. Pertanto, i risultati non possono essere estesi con certezza ad atleti di discipline differenti, ad amatori o a categorie giovanili e master.

Nel complesso, pur con queste limitazioni, lo studio offre una prima analisi esplorativa sulle caratteristiche degli infortuni muscolari e sul ruolo della fisioterapia nel pattinaggio di velocità, fornendo una base utile per futuri approfondimenti. Studi prospettici, con campioni più ampi, diagnosi cliniche standardizzate e raccolta dei dati di esposizione e carico di allenamento, potranno confermare e ampliare le evidenze emerse, contribuendo alla definizione di protocolli riabilitativi e preventivi specifici per questa disciplina.

5. CONCLUSIONI

I risultati del presente studio evidenziano che gli infortuni muscolari rappresentano la principale problematica nel pattinaggio di velocità in linea, con una prevalenza a carico degli adduttori, seguiti da quadricipite e muscolatura lombare. Tale distribuzione rispecchia le specifiche richieste biomeccaniche della disciplina, caratterizzata da un'intensa attività eccentrico-concentrica degli adduttori durante la spinta laterale e da un costante impegno stabilizzatore del tronco.

La specialità praticata si conferma un fattore di rischio statisticamente significativo: i velocisti risultano più esposti a lesioni muscolari rispetto ai fondisti, verosimilmente a causa delle elevate sollecitazioni esplosive e delle ripetute contrazioni eccentriche richieste nelle prove brevi. Anche l'allenamento a basse temperature ($<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) potrebbe incrementare la suscettibilità al danno muscolare, poiché il freddo riduce la temperatura e l'elasticità dei tessuti, alterando la capacità contrattile e aumentando il rischio di lesione.

Non sono emerse associazioni statisticamente significative tra stretching, warm-up, cool-down e incidenza di infortuni muscolari, né tra il volume di allenamento e il rischio di lesione. Tuttavia, la letteratura riporta che i programmi di riscaldamento neuromuscolare che integrano esercizi di forza, equilibrio e pliometria, insieme allo stretching dinamico inserito nel warm-up, rappresentano strategie efficaci nella riduzione degli infortuni, mentre il cool-down sembra avere un ruolo di natura psicologica e legato alla percezione di benessere e al mantenimento della routine.

L'analisi delle modalità di insorgenza ha mostrato due profili distinti di rischio, con una differenza statisticamente significativa tra le lesioni muscolari, legate al gesto tecnico e al sovraccarico funzionale, e i traumi osseo-articolari, dovuti principalmente a cadute. Ciò evidenzia la necessità di strategie preventive differenziate, che combinino esercizi di rinforzo e controllo neuromuscolare con misure di sicurezza, come l'utilizzo di adeguate protezioni, volte a ridurre le conseguenze dei traumi da impatto.

La fisioterapia emerge come pilastro fondamentale nella riabilitazione degli infortuni. La maggior parte degli atleti si è affidata al fisioterapista, ottenendo nella maggioranza dei casi una risoluzione completa o parziale della sintomatologia. La strategia maggiormente adottata nel campione è risultata la terapia manuale, seguita dall'esercizio terapeutico. Secondo la letteratura, l'esercizio terapeutico, soprattutto in modalità eccentrica e progressiva, si conferma l'intervento più efficace per il recupero funzionale e la riduzione delle recidive, mentre la terapia manuale mantiene un ruolo complementare. Per quanto riguarda le terapie fisiche strumentali, le evidenze a supporto della loro efficacia risultano limitate. Questi risultati

suggeriscono che i fisioterapisti del campione analizzato adottino un approccio multimodale, basato sull'integrazione di diverse tecniche per la risoluzione della problematica.

L'infortunio agli adduttori, il più frequente nel campione, richiede programmi riabilitativi e preventivi specifici, basati su esercizi di forza, stabilità del core e controllo lombo-pelvico, come il *Copenhagen Adduction Exercise*. Tuttavia, la fisioterapia preventiva risulta ancora poco integrata nella routine degli atleti analizzati, a favore di un approccio prevalentemente reattivo. Pur con alcune limitazioni metodologiche, tra cui la dimensione del campione, la mancanza di diagnosi cliniche standardizzate e l'utilizzo di questionari auto-compilati, questo studio rappresenta un primo contributo esplorativo sulle caratteristiche degli infortuni muscolari nel pattinaggio di velocità in linea. Le evidenze raccolte offrono indicazioni utili per l'elaborazione di programmi fisioterapici mirati e per la promozione di un approccio preventivo integrato, volto a ridurre l'incidenza di infortuni e a ottimizzare la performance degli atleti. Futuri studi prospettici, basati su valutazioni cliniche oggettive, potranno ampliare e consolidare le evidenze emerse, favorendo lo sviluppo di protocolli riabilitativi e preventivi specifici per questa disciplina.

6. BIBLIOGRAFIA:

1. Wu Z, Cardoso F, Pyne DB, Goethel MF, Fernandes RJ. *Physiological and biomechanical characteristics of inline speed skating: a systematic scoping review*. Appl Sci. 2025;15(14):7994.
2. World Skate. *Speed skating rulebook 2021*. Lausanne: World Skate; 2021. Available from: <https://www.worldskate.org/speed/regulations/category/342-rulebooks.htm>.
3. Stangier C, Abel T, Mierau J, Hollmann W, Strüder HK. *Effects of cycling versus running training on sprint and endurance capacity in inline speed skating*. J Sports Sci Med. 2016;15(1):41-9.
4. Stangier C, Abel T, Hesse C, Claen S, Mierau J, Hollmann W, et al. *Effects of cycling vs. running training on endurance performance in preparation for inline speed skating*. J Strength Cond Res. 2016;30(6):1597-606.
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. Bongiorno G, Biancuzzi H, Dal Mas F, Fasano G, Miceli L. *Roller Speed Skating Kinematics and Electromyographic Analysis: A Methodological Approach*. Sports (Basel). 2022;10(12):209.
9. Valent A, Frizziero A, Bressan S, Zanella E, Giannotti E, Masiero S. *Insertional tendinopathy of the adductors and rectus abdominis in athletes: a review*. Muscles Ligaments Tendons J. 2012;2(2):142-148.
10. Chang R, Turcotte R, Pearsall D. *Hip adductor muscle function in forward skating*. Sports Biomech. 2009;8(3):212-222.
11. Quintana-Cepedal M, Rodríguez MÁ, Nuño-Iglesias N, Del Valle M, Crespo I, Olmedillas H. *Injury characteristics of young elite inline speed skaters: A one season retrospective study*. Phys Sportsmed. 2024;52(2):181-6.
12. Lee JS, Park KB, Seo KW, Park Y, Park SK. *An analysis of 500 m inline skate starting motions*. XXV ISBS Symp. 2007;529-32.
13. Bongiorno G, Minisini FG, Biancuzzi H, Dal Mas F, Miceli L. *Skating efficiency and technique during roller speed skate using innovative piezoelectric smart socks: an exploratory study*. Front Sports Act Living. 2025;7:1554264.
14. Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. *Eccentric muscle contractions: risks and benefits*. Front Physiol. 2019;10:536.
15. Humphrey DR, Reed DJ. *Separate cortical systems for control of joint movement and joint stiffness: reciprocal activation and coactivation of antagonist muscles*. Adv Neurol. 1983;39:347-72.
16. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. *Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability*. Am J Sports Med. 1988;16(2):113-22.
17. Peterson DS, Martin PE. *Effects of age and walking speed on coactivation and cost of walking in healthy adults*. Gait posture. 2010;31(3):355–9.
18. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. *Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds*. J Sci Med Sport. 2014;17(6):671-6.
19. Dhodapkar MM, Halperin SJ, Gardner EC, Grauer JN. *Orthopaedic injury patterns related to ice skating, inline skating, and roller skating: a 20-year epidemiologic analysis*. Orthop J Sports Med. 2023;11(9):23259671231198208.
20. Schieber RA, Branche-Dorsey CM. *In-line skating injuries: epidemiology and recommendations for prevention*. Sports Med. 1995;19(6):427-32.

21. Jerosch J, Heidjann J, Thorwestern L, Linnebecker S. *Inline-skating—typical injuries and prevention*. Sportverletz Sportschaden. 1997;11(2):43-7.
22. 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.
23. 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.
24. McAleer S, Macdonald B, Lee J, Zhu W, Giakoumis M, Maric T, et al. *Time to return to full training and recurrence of rectus femoris injuries in elite track and field athletes 2010–2019; a 9-year study using the British Athletics Muscle Injury Classification*. Scand J Med Sci Sports. 2022;32(7):1109-18.
25. 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):1464–73
26. Von Elm E, et al. *The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement*. Epidemiology, 2007; 18(6): 800-804.
27. World Medical Association. *World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects*. JAMA. 2013;310(20):2191–4.
28. Edouard P, Caumeil B, Giroux C, Bruneau A, Tondut J, Navarro L, et al. *Epidemiology of injury complaints in elite sprinting athletes in athletics (track and field)*. Appl Sci (Basel). 2023;13(14):8105.
29. Edouard P, Dandrieux P-E, Iatropoulos S, Blanco D, Branco P, Chapon J, et al. *Injuries in athletics (track and field): a narrative review presenting the current problem of injuries*. Dtsch Z Sportmed. 2024;75:132-141.
30. Bramah C, Mendiguchia J, Dos'Santos T, Morin J-B. *Exploring the role of sprint biomechanics in hamstring strain injuries: a current opinion on existing concepts and evidence*. Sports Med. 2024;54(4):783-793.
31. Hopkins C, Williams J, Rauh MJ, Zhang L. *Epidemiology of NCAA Track and Field Injuries From 2010 to 2014*. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2022;10(1).
32. Scheer V, Krabak BJ. *Musculoskeletal injuries in ultra-endurance running: a scoping review*. Front Physiol. 2021;12:664071.

33. Edouard P, Dandrieux PE, Klöwer M, Junge A, Racinais S, Branco P, et al. *Association between feels-like temperatures and injury risk during international outdoor athletic championships: a prospective cohort study on 29 579 athlete starts during 10 championships*. Br J Sports Med. 2024;59(1):36-47.
34. American College of Sports Medicine. *Exercising caution: the dangers of cold temperatures*. ACSM Curr Sports Med Rep. 2021. Available from: <https://www.acsm.org/cold-temperatures-exercise/>
35. 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.
36. Zvetkova E, Koytchev E, Ivanov I, Ranchev S, Antonov A. *Biomechanical, healing and therapeutic effects of stretching: a comprehensive review*. Appl Sci. 2023;13(15):8596.
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. Law RY, Herbert RD. *Warm-up reduces delayed onset muscle soreness but cool-down does not: a randomised controlled trial*. Aust J Physiother. 2007;53(2):91-5.
39. Van Hooren B, Peake JM. *Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response*. Sports Med. 2018; 48(7):1575-1595.
40. 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. 2022;19(10):6336.
41. Paravlic AH, Bakalár P, Puš K, Pišot S, Kalc M, Teraž K, et al. *The effectiveness of neuromuscular training warm-up program for injury prevention in adolescent male basketball players*. J Sports Sci. 2024;42(22):2083-2092.
42. D'Souza D. *Track and field athletics injuries--a one-year survey*. Br J Sports Med, 1994;28(3):197-202.
43. Agostini F, de Sire A, Finamore N, Savina A, Sveva V, Fisicaro A, et al. *Rehabilitative Good Practices in the Treatment of Patients with Muscle Injuries*. J Clin Med. 2025;14(15):5355.

44. Jankaew A, Chen JC, Chamnongkich S, Lin CF. *Therapeutic Exercises and Modalities in Athletes With Acute Hamstring Injuries: A Systematic Review and Meta-analysis*. Sports Health. 2023;15(4):497-511.
45. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A. *Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols*. Br J Sports Med. 2014;48(7):532-9.
46. de Sire A, Marotta N, Prestifilippo E, Parente A, Lippi L, Invernizzi M, et al. *Effectiveness of physical agent modalities for pain relief in injured athletes: A systematic review*. J Back Musculoskelet Rehabil. 2025;38(4):674-699.
47. Robertson VJ, Baker KG. *A review of therapeutic ultrasound: effectiveness studies*. Phys Ther. 2001;81(7):1339-50.
48. Chen J, Hu Q, Hu J, Liu S, Yin L. *Differences in the Effectiveness of Different Physical Therapy Modalities in the Treatment of Delayed-Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Bayesian Network Meta-Analysis*. J Pain Res. 2025;18:2993-3008.
49. Thorborg K. *Current Clinical Concepts: Exercise and Load Management of Adductor Strains, Adductor Ruptures, and Long-Standing Adductor-Related Groin Pain*. J Athl Train. 2023;58(7-8):589-601.
50. Hölmich P, Uhrskou P, Ulnits L, Kanstrup IL, Nielsen MB, Bjerg AM, et al. *Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomised trial*. Lancet. 1999;353(9151):439-43.
51. Harøy J, Clarsen B, Wiger EG, Øyen MG, Serner A, Thorborg K, et al. *The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial*. Br J Sports Med. 2019;53(3):150-157.
52. Núñez JF, Fernandez I, Torres A, García S, Manzanet P, Casani P, et al. *Strength Conditioning Program to Prevent Adductor Muscle Strains in Football: Does it Really Help Professional Football Players?* Int J Environ Res Public Health. 2020;17(17):6408.
53. Cotellessa F, Puce L, Formica M, May MC, Trompetto C, Perrone M, et al. *Effectiveness of a Preventative Program for Groin Pain Syndrome in Elite Youth Soccer Players: A Prospective, Randomized, Controlled, Single-Blind Study*. Healthcare (Basel). 2023;11(17):2367.