



Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

FLESSIBILITÀ DINAMICA DELLA CATENA POSTERIORE DEGLI ARTI INFERIORI NEGLI
SPORTIVI: STUDIO PRELIMINARE OSSERVAZIONALE SULLA QUALITÀ DELLA CURVA
DI ACCELERAZIONE/DECELERAZIONE

Dynamic flexibility of the posterior chain of the lower limbs in athletes: preliminary observational
study on the quality of the acceleration/deceleration curve

RELATORE: Dott. Riccardo Verza
Correlatore: Dott. Carlo Ramponi
Correlatore: Dott. Francesco Segat

LAUREANDO: Alberto Gionchetti

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

RIASSUNTO	- 3 -
ABSTRACT	- 5 -
CAPITOLO 1	- 7 -
INTRODUZIONE	- 7 -
1.1 Anatomia	- 8 -
1.2 Epidemiologia	- 9 -
1.3 Classificazione	- 10 -
1.4 Eziologia	- 11 -
1.5 Flessibilità	- 11 -
1.6 Obiettivo	- 12 -
CAPITOLO 2	- 14 -
MATERIALI E METODI	- 14 -
2.1 Ricerca bibliografica	- 14 -
2.2 Partecipanti	- 16 -
2.3 Descrizione dei test eseguiti	- 16 -
2.4 Descrizione degli strumenti utilizzati	- 19 -
2.5 Preparazione del setting	- 20 -
2.6 Procedura	- 20 -
2.7 Analisi dati	- 21 -
CAPITOLO 3	- 23 -
RISULTATI	- 23 -
3.1 Raccolta dati	- 23 -
3.2 Analisi quantitativa	- 29 -
3.3 Analisi qualitativa	- 35 -
CAPITOLO 4	- 40 -
DISCUSSIONE	- 40 -
CAPITOLO 5	- 44 -
CONCLUSIONI	- 44 -
BIBLIOGRAFIA	- 45 -
ALLEGATI	- 52 -

RIASSUNTO

Background: lo sport è un fenomeno globale che coinvolge milioni di persone in tutto il mondo, indipendentemente dall'età, dalla cultura o dalla nazionalità. Viene praticato in una vasta gamma di discipline e rappresenta un linguaggio universale che unisce individui e comunità, promuovendo sia la salute fisica che mentale e influenzando anche i valori sociali. Ogni persona che pratica il proprio sport, tuttavia, indipendentemente dal livello di competizione svolto, sa che durante l'attività potrebbe incorrere in un infortunio, lieve o grave che sia. L'infortunio più comune a livello muscolare tra tutti gli atleti, dilettanti o professionisti, è rappresentato da quello agli hamstring con una percentuale di circa il 29% in relazione a tutti gli infortuni sportivi. L'incidenza di questo evento, definito "stretching type" o sprinting type", negli ultimi anni è aumentata del 4% nonostante le molte attività preventive messe in atto per cercare di ridurre questo fenomeno. Quale potrebbe essere il fattore predisponente che non stiamo tenendo in considerazione?

Obiettivo: verificare la presenza di picchi angolari di decelerazione, in relazione all'escursione articolare, durante l'esecuzione di movimenti dinamici agli arti inferiori (*Askling test* e *MHFAKE* dinamico) e valutarne l'ipotetico impatto sul rischio infortunio muscolare durante la corsa ad alta intensità.

Materiali e Metodi: in una prima fase è stata eseguita una revisione della letteratura scientifica già esistente sui principali fattori di rischio infortuni agli hamstring, in particolare ponendo l'attenzione sul ruolo che ricopre la flessibilità dell'arto inferiore poiché, ad oggi, all'interno della comunità scientifica, non si è ancora giunti ad un consenso unanime che riconosca una correlazione diretta tra scarsa flessibilità e aumento del rischio infortunio. In una seconda fase si è passati ad individuare il campione di atleti veneti utilizzando, come criterio di inclusione, la pratica di uno sport che sottoponga a grandi accelerazioni, decelerazioni, cambi di direzione, salti e corsa ad alta intensità. Sono stati eseguiti poi due test dinamici per ogni arto inferiore (*Askling test* e *MHFAKE* dinamico) con il supporto di un sensore inerziale (*Gyko Repower*) sugli atleti inclusi per valutarne la flessibilità dinamica e il profilo della curva accelerazione/decelerazione.

Risultati: il campione finale selezionato per lo studio è composto da 24 atleti, tutti calciatori, con un'età media di $23,3 \pm 4,2$ anni, un'esperienza media di gioco di $12,5 \pm 7,7$ anni e un impegno settimanale medio di $6,8 \pm 1,6$ ore, escludendo la competizione del weekend. Tra questi, solo 4 partecipanti hanno riferito di aver subito un infortunio agli *hamstring*; in 3 casi la lesione ha interessato la gamba destra, mentre in 1 caso si è trattato di un coinvolgimento bilaterale. Tutti gli episodi risalgono a oltre sei mesi prima dell'inizio dello studio.

I dati quantitativi mostrano un'elevata variabilità nei parametri considerati, in particolare nei valori di accelerazione positiva e negativa. Tra questi i dati più stabili riguardano il picco di accelerazione angolare positiva durante l'*Askling test*, con un coefficiente di variazione di 0,065 per il lato destro e 0,060 per quello sinistro. Tuttavia, il rapporto tra i picchi di accelerazione positiva e negativa risulta inferiore a 1 in tre prove su quattro. Questo indica che i picchi di decelerazione superano quelli di accelerazione, suggerendo così una buona capacità di frenata da parte dei muscoli posteriori della coscia.

Per quanto riguarda l'analisi qualitativa, sono state individuate 5 diverse strategie di decelerazione tra gli atleti: la più comune è risultata essere la strategia a "picco singolo", utilizzata in 274 prove su 465 (58,9%). A seguire, troviamo la strategia a "picco piatto" (17,4%), la "frenata in due tempi" (13,3%), il "prepicco" (6,9%) e infine la categoria "cattiva qualità" (3,5%). Nel gruppo degli atleti con una storia di lesione non sono emerse differenze significative nelle strategie utilizzate rispetto al totale: anche in questo caso la strategia del "picco singolo" è risultata la più frequente, con un totale di 33 prove su 50 (66,0%).

Conclusioni: nonostante il campione analizzato non raggiunga significatività statistica, il presente studio ha comunque conseguito il suo obiettivo. Sono stati esplorati e valutati i diversi picchi angolari di decelerazione in relazione all'escursione articolare durante l'esecuzione di movimenti dinamici degli arti inferiori, permettendo di identificare le varie strategie di decelerazione impiegate dai partecipanti.

In futuro sarà utile correlare i dati quantitativi con le specifiche strategie di decelerazione riscontrate e ampliare il campione per ridurre la variabilità dei dati raccolti.

ABSTRACT

Background: Sport is a global phenomenon involving millions of people around the world, regardless of age, culture or nationality. It is practiced across a wide range of disciplines and represents a universal language that unites individuals and communities, promoting both physical and mental health and also influencing social values. However, every person who practices their sport, regardless of the level of competition performed, is aware that they may experience an injury, whether mild or severe, during physical. The most common muscle injury among all athletes, amateur or professional, is hamstring injury accounting for approximately 29% of all sports-related injuries. The incidence of this event, defined as "stretching type" or "sprinting type", has increased by 4% in recent years despite the many preventive activities implemented to try to reduce this phenomenon. What could be the predisposing factor we are overlooking?

Objective: to verify the presence of angular deceleration peaks, in relation to joint excursion, during the execution of dynamic movements of the lower limbs (*Askling test* and dynamic *MHFAKE*) and to evaluate their hypothetical impact on muscle injury risk during high intensity running.

Materials and Methods: in a first phase, a review of the existing scientific literature was conducted on the main hamstring injury risk factors, focusing on the role played by the flexibility of the lower limb since, to date, within the scientific community, a unanimous consensus has not yet been reached that recognizes a direct correlation between poor flexibility and increased risk of injury. In a second phase we went on to identify the sample of Venetian athletes using, as inclusion criteria, the practice of a sport that subjects them to great accelerations, decelerations, changes of direction, jumping and high intensity running. Two dynamic tests were then performed for each lower limb (*Askling test* and dynamic *MHFAKE*) with the support of an inertial sensor (*Gyko Repower*) on the included athletes to evaluate their dynamic flexibility and the profile of the acceleration/deceleration curve.

Results: the final sample selected for the study consists of 24 athletes, all soccer players, with an average age of 23.3 ± 4.2 years, an average playing experience of 12.5 ± 7.7 years, and an average weekly commitment of 6.8 ± 1.6 hours, excluding weekend competitions. Among them, only 4 participants reported a history of hamstring injury; in 3 cases, the injury affected the right leg, while in 1 case, it was bilateral involvement. All episodes occurred more than six months before the start of the study.

Quantitative data showed high variability in the parameters considered, particularly in the positive and negative acceleration values. Among these, the most stable data pertains to the peak of positive angular acceleration during the *Askling test*, with a coefficient of variation of 0.065 for the right side and 0.060 for the left side. However, the ratio of positive to negative peak acceleration was less than

1 in three out of four tests. This indicates that the deceleration peaks exceed those of acceleration, suggesting good braking capacity from the hamstring muscles.

Regarding the qualitative analysis, five different deceleration strategies were identified among the athletes: the most common was the “single peak” strategy, used in 274 trials out of 465 (58.9%). This was followed by the “flat peak” strategy (17.4%), the “two-phase braking” strategy (13.3%), the “pre-peak” (6.9%), and finally the “poor quality” category (3.5%). In the group of athletes with a history of injury no significant differences emerged in the strategies used compared to the overall sample: in this case the “single peak” strategy was also the most frequent, with a total of 33 trials out of 50 (66.0%).

Conclusions: despite the analyzed sample does not reaching statistical significance, this study has nonetheless achieved its objectives. The various angular deceleration peaks were explored and evaluated in relation to joint range of motion during dynamic lower limbs movements, enabling the identification of the different deceleration strategies employed by the participants.

In the future, it will be useful to correlate the quantitative data with the specific deceleration strategies observed and to expand the sample size to reduce the variability of the collected data.

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

Lo sport, in quanto fenomeno globale, rappresenta una delle espressioni culturali e sociali più pervasive e influenti del mondo contemporaneo. Infatti, costituisce un aspetto cardine della vita di miliardi di persone che lo praticano sia a livello amatoriale che a livello professionistico. In questo caso coloro che praticano uno sport vengono definiti atleti e mirano a cercare di perfezionare ogni singolo elemento del gesto sportivo e dedicano tutta l'energia possibile per arrivare a competere al più alto livello possibile.

Secondo gli ultimi dati ISTAT, in Italia nel 2021 il 66,20% delle persone di età superiore ai tre anni pratica attività sportiva o fisica nel tempo libero, pari ad un aumento del 7,10% rispetto all'anno 2000. I livelli di attività sportiva variano molto in base all'età, infatti i giovani tra i 6 e i 24 anni risultano essere i più attivi mentre la pratica sportiva diminuisce in modo proporzionato con l'aumentare dell'età.

A prescindere dallo sport praticato e dal livello agonistico, nel corso della propria carriera ogni atleta deve sempre preventivare che potrebbe andare incontro ad uno o più infortuni che lo potrebbero tenere lontano dall'attività fisica per un tempo che varia in base alla gravità della lesione. La letteratura scientifica definisce un infortunio sportivo come un qualsiasi disturbo fisico che risulti da una partita o un allenamento indipendentemente dalla necessità di cure mediche o di perdita di tempo dalle attività sportive². L'infortunio, successivamente, può essere classificato facendo riferimento a due fattori:

- 1) Al "*time loss*", cioè l'impossibilità dell'atleta di partecipare all'allenamento o competizione per almeno un giorno senza includere quello dell'infortunio stesso^{1,2};
- 2) Al "*medical attention*", ovvero in base alla necessità del giocatore di assistenza medica dopo l'evento lesivo^{3,4}.

Inoltre, il tempo di assenza dall'attività sportiva viene utilizzato per indicare la severità dell'infortunio secondo indicatori prestabiliti: un infortunio lieve non causa nessun giorno di assenza dall'attività sportiva, un infortunio minore da 1 a 7 giorni, un infortunio moderato da 8 a 21 giorni, mentre un infortunio severo può portare ad un'assenza maggiore di 21 giorni o ad una disabilità permanente².

L'infortunio rappresenta un problema per il diretto interessato che, come detto in precedenza, deve interrompere l'attività fisica, ma rappresenta anche un danno economico dato dalle spese mediche, che comprendono in primis i costi di diagnosi e successivamente i costi di riabilitazione, che gravano sulle società sportive o a volte sull'atleta stesso. Per questo negli ultimi anni c'è molta attenzione per quanto riguarda la tematica dei programmi di prevenzione, i quali vengono effettuati durante la

preparazione precampionato o prima dell'inizio dell'attività fisica con lo scopo di cercare di ridurre il più possibile il rischio infortuni.

In generale, in quasi tutte le discipline, stiramenti, lesioni muscolari o, nei casi più gravi, strappi muscolari sono eventi frequenti. In particolare negli sport che richiedono corsa a velocità massimale, grandi accelerazioni e decelerazioni, cambi di direzioni, salti e calci il comparto maggiormente a rischio per questo tipo di infortuni è quello degli ischiocrurali^{5,6}. Gli infortuni più comuni che possono avvenire nella zona degli *hamstring* si possono differenziare in due categorie:

- 1) *Stretching type*: causato da un'eccessiva flessione d'anca in concomitanza con l'estensione del ginocchio^{11,12};
- 2) *Sprinting type*: causato da un eccessivo stiramento muscolare dato dalla contrazione eccentrica nella fase finale di swing durante il ciclo del passo nella corsa^{11,12}.

Non a caso questi tipi di infortuni sono i più presenti in sport come l'atletica leggera, soprattutto negli sprinters^{7,8}, nel football australiano⁹ e, naturalmente, nel calcio¹⁰.

Le lesioni agli *hamstring* sono una delle principali cause di assenza dall'attività sportiva^{13,14}, con una media di circa 17 giorni per il rientro all'attività¹⁰. Questi infortuni, inoltre, sono caratterizzati da un elevato tasso di recidiva, variabile a seconda dello sport: il rugby mostra un tasso di ricorrenza del 21%¹⁵, il calcio del 16%¹⁶ e il football americano raggiunge il 32%¹². Nel football australiano, il 30% dei giocatori subisce un nuovo infortunio entro un anno dal ritorno in campo¹², con rischio particolarmente elevato durante la prima settimana di ripresa dell'attività. Nel calcio professionistico inglese, le recidive per lesioni agli *hamstring* si verificano con una frequenza doppia rispetto ad altri tipi di infortuni.

Le recidive rappresentano un problema significativo perché tendono a necessitare tempi di recupero più lunghi rispetto alla lesione iniziale. Questo rende evidente l'importanza di un'adeguata riabilitazione e di un monitoraggio continuo per prevenire nuovi episodi e garantire un ritorno sicuro e duraturo allo sport.

1.1 Anatomia

La sezione anatomica della parte posteriore della coscia è costituita dai muscoli ischiocrurali, comunemente noti come *hamstring*, che in direzione latero-mediale sono disposti come segue: bicipite femorale, semitendinoso e semimembranoso.

- **Bicipite femorale**: è il muscolo più laterale dei tre ed è formato da due ventri muscolari ben distinti che convergono in un tendine comune, il quale si inserisce sulla testa del perone e sul condilo laterale della tibia. Il primo ventre muscolare, il capo lungo, origina dalla tuberosità

ischiatrica, origine che condivide con gli altri due muscoli del comparto, mentre l'altro ventre, il capo breve, nasce dal terzo medio del labbro laterale della linea aspra del femore e dal setto intermuscolare laterale. Con la sua contrazione compie l'azione di estendere l'anca (con il capo lungo), flettere il ginocchio e partecipare all'extrarotazione della gamba.

- **Semitendinoso:** origina dalla tuberosità ischiatica, scende verso il basso e forma un lungo tendine che contribuisce alla formazione della cosiddetta zampa d'oca, insieme a gracile e sartorio, a livello della porzione superiore della faccia antero-mediale della tibia. Grazie alla sua contrazione estende l'anca, flette e intraruota il ginocchio.
- **Semimembranoso:** anch'esso come gli altri due muscoli origina dalla tuberosità ischiatica, scende verticalmente lungo la coscia e il suo tendine all'altezza del ginocchio si divide in tre fasci: uno anteriore che va ad inserirsi davanti al condilo mediale della tibia, uno si attacca alla parte posteriore del condilo della tibia, mentre l'ultimo fascio risale verso il condilo laterale del femore per formare il legamento popliteo obliquo del ginocchio. Svolge le stesse funzioni del muscolo semitendinoso.

Questo gruppo muscolare condivide, oltre all'origine, anche l'innervazione della porzione tibiale del nervo ischiatico, eccetto per il capo breve del bicipite femorale il quale è innervato dal ramo peroneo comune del nervo ischiatico.

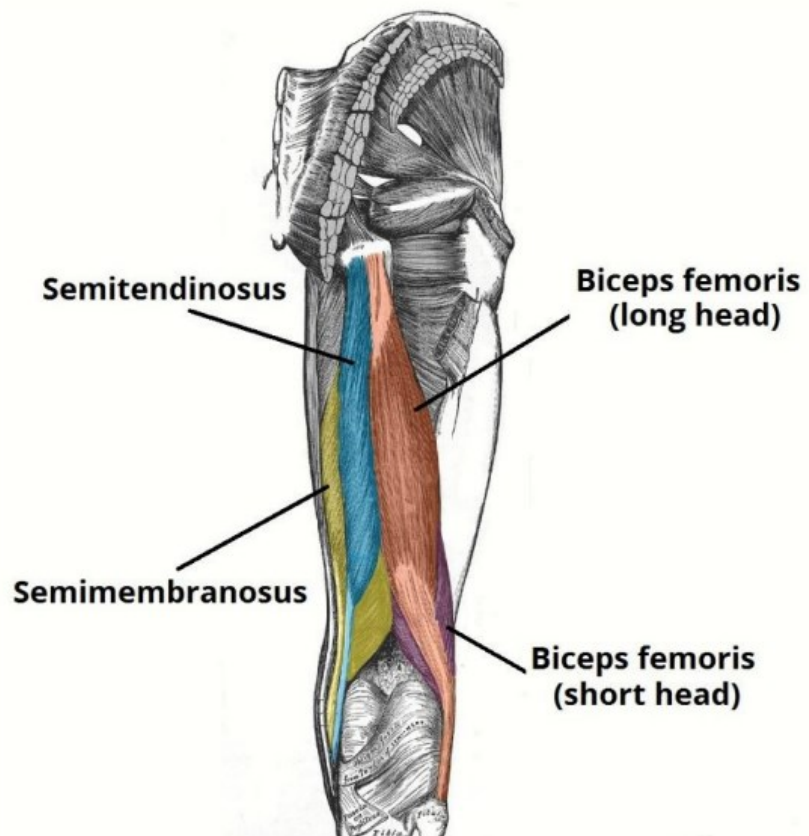


Figura 1 - muscoli ischio-crurali (hamstring)

1.2 Epidemiologia

Il monitoraggio degli infortuni negli anni ci permette, fino a qui, di dire che quelli più frequenti agli *hamstring* avvengono durante la fase di corsa a massima velocità e durante le accelerazioni^{10,20}. Comprimerne i meccanismi specifici, specialmente durante le fasi di accelerazione e decelerazione, è cruciale per sviluppare strategie di prevenzione efficaci. Essendo dei muscoli biarticolari, cioè

dovendo agire su due articolazioni contemporaneamente, sono in massimo allungamento quando l'anca è flessa, soprattutto sopra i 90°, e il ginocchio è esteso e questa situazione si verifica durante l'ultima fase dell'oscillazione dell'arto, in maniera enfatizzata nella corsa. Questa fase è molto delicata in quanto questi muscoli sono particolarmente vulnerabili a causa dell'elevata richiesta di contrazione eccentrica per cercare di frenare la flessione d'anca e l'estensione del ginocchio^{19,21,22}. Si è infatti notato come questa combinazione di allungamento e forza eccentrica, se eccessiva, può superare la capacità di resistenza del muscolo causando lesioni^{17,23}.

Secondo alcuni studi un'altra causa dei frequenti infortuni potrebbe essere l'assorbimento di una significativa quantità di energia cinetica che si può verificare durante un cambio di direzione o durante una decelerazione improvvisa; questa richiesta avviene molto rapidamente e spesso senza un adeguato tempo di preparazione muscolare per quanto riguarda la fase eccentrica, il quale va ad aumentare il rischio di lesione¹⁸.

1.3 Classificazione

Le lesioni di tipo muscolare possono variare molto in base alla loro gravità e ai tempi di recupero che richiedono per tornare all'attività sportiva. Si passa da danni più semplici senza perdita dell'integrità strutturale fino alla completa lacerazione muscolare e tendinea. La classificazione e la diagnosi dell'infortunio sono quindi fondamentali per una prognosi adeguata e l'impostazione del trattamento riabilitativo più corretto; ad oggi il *gold standard* per la diagnosi delle lesioni agli *hamstring* è la risonanza magnetica che ha una sensibilità più alta nel mostrare l'edema e permette una valutazione della dimensione e del danno migliore rispetto ad una semplice ecografia^{24,25}.

Per quanto riguarda la classificazione non ne esiste ancora una accettata e condivisa unanimemente dalla comunità scientifica²⁴, ma attualmente ce ne sono due che vengono riconosciute come più dettagliate.

- 1) *Munich Consensus Statement*²⁶: si pone come obiettivo principale quello di fornire un quadro strutturato e basato sull'evidenza per gestire le lesioni muscolari negli atleti in modo sicuro ed efficace, riducendo il rischio di complicazioni e recidive.

A. Indirect muscle disorder/injury	Functional muscle disorder	Type 1: Overexertion-related muscle disorder	Type 1A: Fatigue-induced muscle disorder
		Type 2: Neuromuscular muscle disorder	Type 1B: Delayed-onset muscle soreness (DOMS)
			Type 2A: Spine-related neuromuscular Muscle disorder
	Structural muscle injury	Type 3: Partial muscle tear	Type 2B: Muscle-related neuromuscular Musde disorder
		Type 4: (Sub)total tear	Type 3A: Minor partial muscle tear
			Type 3B: Moderate partial muscle tear
			Subtotal or complete muscle tear
			Tendinous avulsion

Tabella 1 – *Munich Consensus Statement*

- 2) *British athletics muscle injury classification*: si basa sulle immagini della risonanza magnetica e fornisce indicazioni riguardanti la lunghezza della lesione, la sua distanza dall'origine del muscolo, l'area trasversale dell'edema e l'eventuale coinvolgimento tendineo²⁷.

1.4 Eziologia

L'intera comunità scientifica concorda sul fatto che le cause degli infortuni ai muscoli posteriori della coscia siano multifattoriali. Nel corso degli anni sono stati condotti molti studi sperimentali che avevano lo scopo di identificare tutti i possibili fattori che possono contribuire ad aumentare il rischio di questi infortuni, tuttavia le prove raccolte finora sono spesso contraddittorie e talvolta deboli nelle evidenze. Attualmente solo l'invecchiamento^{16,29,30,31,32} e i precedenti infortuni agli hamstring^{33,34,35,36,37} sono riconosciuti come fattori predisponenti per subire una lesione al comparto posteriore della coscia.

In generale i fattori di rischio vengono suddivisi in modificabili e non modificabili. Quest'ultimi sono l'età e gli infortuni precedenti agli hamstring, come appena citato, precedenti infortuni a tutto l'arto inferiore in generale e l'architettura del bicipite femorale (lunghezza delle fibre, area della sezione trasversale e grandezza dell'aponeurosi). I fattori di rischio modificabili sono invece l'affaticamento, un insufficiente riscaldamento prima della performance atletica, grandi aumenti di carico durante l'attività sportiva e la capacità degli ischiocrurali, in termini di flessibilità e forza assoluta e relativa (squilibri di forza tra quadricipite e *hamstring* e tra gli *hamstring* dei due arti)^{28,44,52,53}. I fattori di rischio modificabili, ovviamente, sono anche quelli più oggetto di studio da parte dei ricercatori poiché, verificato il ruolo, si potrebbero ottenere degli importanti risultati per quanto riguarda la prevenzione di questi infortuni.

1.5 Flessibilità

La flessibilità è uno dei potenziali fattori di rischio di infortuni agli *hamstring* più indagato dai ricercatori scientifici. Negli anni le sono state assegnate varie definizioni diverse tra loro: è stata descritta come una componente muscolare associata alla rigidità muscolare e alla tensione³⁸, come la capacità funzionale delle articolazioni di muoversi all'interno di un ROM (*range of motion*) completo³⁹, o ancora con questo termine si fa riferimento al ROM che possono compiere le articolazioni. In quest'ultimo caso rappresenta l'abilità di muovere l'articolazione stessa nel ROM massimo consentito senza restrizioni o dolore⁴⁰.

Inoltre, la flessibilità può essere suddivisa in statica e dinamica: la prima può essere definita appunto come la capacità dei muscoli di lasciarsi allungare, mentre la seconda si riferisce alla facilità con cui l'allungamento viene ottenuto all'interno del ROM disponibile ed è un parametro che definisce la qualità del movimento piuttosto che la sua quantità.

In letteratura, attualmente, non esiste ancora un consenso nel definire la ridotta flessibilità degli *hamstring* come un potenziale fattore di rischio per gli infortuni. Infatti, tramite la ricerca iniziale attraverso i motori di ricerca scientifici, si è evidenziato che gli articoli analizzati hanno tratto delle conclusioni che portano a risultati conflittuali tra loro. Alcuni ricercatori sostengono che non ci sia alcuna correlazione tra la ridotta flessibilità degli hamstring e gli infortuni accorsi a quest'area anatomica^{41,42,43}, altri sostengono una correlazione scarsa tra flessibilità ridotta e infortuni^{44,45,46}, mentre altri ancora hanno mostrato una correlazione diretta tra una scarsa flessibilità e un aumento del rischio infortuni agli *hamstring*^{47,48,49,50,51}.

1.6 Obiettivo

L'obiettivo principale di questa tesi è analizzare e verificare la presenza di picchi angolari di decelerazione in relazione all'escursione articolare durante l'esecuzione di movimenti dinamici agli arti inferiori, con particolare attenzione a test specifici come Askling test e MHFAKE (Maximal Hip Flexion Active Knee Extension) dinamico. Questi test sono comunemente utilizzati per valutare la funzionalità muscolare e la flessibilità dell'arto inferiore, che sono elementi cruciali per gli atleti soprattutto nei contesti sportivi ad alta intensità come la corsa.

L'identificazione di picchi angolari di decelerazione, intesi come momenti di brusca riduzione della velocità angolare dell'articolazione durante il movimento, potrebbe rappresentare un parametro critico per il rischio di infortunio muscolare. In particolare, la presenza di tali picchi potrebbe essere correlata con un aumento dello stress muscolare e articolare che potenzialmente potrebbe predisporre l'atleta a lesioni, soprattutto in condizioni di elevata intensità di esercizio.

La tesi si propone quindi di esplorare questa relazione attraverso un'analisi biomeccanica dettagliata, utilizzando strumenti di misura avanzati per monitorare i movimenti articolari durante i test selezionati. Verrà analizzata l'incidenza e la magnitudo dei picchi di decelerazione angolare in relazione all'escursione articolare, al fine di comprendere meglio il loro impatto sul rischio di infortunio muscolare. Inoltre, si valuterà se l'identificazione di questi picchi possa essere utilizzata come strumento predittivo per migliorare i protocolli di prevenzione degli infortuni, fornendo indicazioni utili per l'allenamento e la preparazione atletica.

In sintesi, lo studio mira a contribuire alla comprensione dei test eseguiti che presentano meccanismi biomeccanici i quali sono in relazione con il rischio di infortuni muscolari durante la corsa ad alta intensità, proponendo nuove prospettive per la valutazione e la prevenzione degli stessi.

CAPITOLO 2

MATERIALI E METODI

Lo studio è di tipo sperimentale e si propone di valutare la curva di accelerazione/decelerazione prodotta degli *hamstring* in una popolazione di atleti Veneti sottoposti a grandi sollecitazioni in quest'area anatomica durante la loro attività agonistica. Il disegno sperimentale prevede la misurazione di diversi parametri, tra cui la forza e la velocità di decelerazione dei muscoli ischiocrurali durante specifici test (*ASKLING*, *MHFAKE*) con il supporto di strumentazione avanzata per la raccolta obiettiva dei dati.

2.1 Ricerca bibliografica

La ricerca mira ad identificare i principali fattori di rischio infortuni intrinseci ed estrinseci per gli *hamstring*. In particolare si propone di comprendere il ruolo della flessibilità dinamica del comparto muscolare nel ruolo degli infortuni e di identificare il ruolo della decelerazione come possibile fattore di rischio indiretto.

È stata effettuata utilizzando i database di *MEDLINE* tramite il motore di ricerca *PubMed*. Per l'elaborazione della stringa di ricerca sono stati identificati singoli termini chiave relativi all'argomento principale della revisione combinati successivamente tra loro utilizzando operatori booleani (AND e OR).

STRINGA DI RICERCA
#1 SPORT
#2 MUSCLE
#3 MUSCLE, SKELETAL
#4 HAMSTRING MUSCLE
#5 HAMSTRING TENDONS
#6 BICEPS FEMORIS
#7 SEMIMEMBRANOSUS
#8 SEMITENDINOSUS
#9 #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8
#10 RANGE OF MOTION, ARTICULAR

#11 PLIABILITY
#12 ELASTIC MODULUS
#13 HAMSTRING FLEXIBILITY
#14 #10 OR #11 OR #12 OR #13
#15 RISK FACTORS
#16 PREDICTOR
#17 CAUSATION
#18 #15 OR #16 OR #17
#19 SPRAINS AND STRAINS
#20 ATHLETIC INJURY
#21 TRAUMA
#22 LEG INJURY
#23 MUSCLE INJURIES
#24 MUSCLE SKELETAL INJURIES
#25 THIGHT INHURIES
#26 #19 OR #20 OR #21 OR#22 OR #23 OR #24 OR #25
#27 #1 AND #9 AND #14 AND #18 AND #26

Tabella 2 – Elenco delle parole chiave per la ricerca bibliografica

(Sport) AND (“Muscles”[Mesh] OR "Muscle, Skeletal"[Mesh]) OR ("Hamstring Muscles"[Mesh] OR "Hamstring Tendons"[Mesh] OR Biceps femoris [text] OR Semimembranosus [text] OR Semitendinosus [text]) AND (Risk factor [Mesh] OR Predictor OR causation) AND ("Range of Motion, Articular"[Mesh]) OR "Pliability"[Mesh]) OR "Elastic Modulus"[Mesh]) OR (Hamstring flexibility [text]) AND ("Sprains and Strains"[Mesh]) OR ("Athletic Injuries"[Mesh] OR trauma) OR ("Leg Injuries"[Mesh]) OR ("Muscles/injuries"[Mesh]) OR "Muscle, Skeletal/injuries"[Mesh]) OR ("Thigh/injuries")

Dalla prima ricerca sono emersi 341 *records* totali. La fase iniziale del processo di selezione ha coinvolto la valutazione dei titoli degli articoli identificati. Quest’ultimi sono stati inclusi se chiarivano almeno uno degli argomenti chiave relativi alla ricerca, per esempio i principali fattori di rischio infortuni per gli *hamstring*, la flessibilità degli ischiocrirali o la flessibilità come fattore di

rischio per le lesioni a quest'ultimi. Non sono state applicate restrizioni per quanto riguarda l'anno di pubblicazione, la lingua o il fatto che non fossero *full text*.

Dopo questo primo processo di selezione sono stati individuati 48 articoli.

Il passo successivo è stato quello della lettura degli *abstract* per approfondire se i *records* selezionati rispettassero i criteri di inclusione scelti e dopo questa ulteriore selezione sono stati esclusi 31 articoli.

La fase finale di selezione è stata svolta leggendo il testo integrale degli articoli rimanenti e setacciando le *reference list* di quest'ultimi per ottimizzare ulteriormente la ricerca. Tutto questo processo ha portato alla selezione finale di 12 articoli.

2.2 Partecipanti

Per selezionare gli atleti partecipanti allo studio, abbiamo adottato un approccio mirato basato su specifiche caratteristiche. In particolare, abbiamo concentrato la nostra ricerca su atleti residenti in Veneto, maggiorenni e praticanti sport in cui la componente della corsa fosse prevalente e in cui gli atleti fossero sottoposti a grandi accelerazioni e decelerazioni durante l'attività fisica (atletica leggera, calcio e rugby). Queste caratteristiche e questi sport sono stati scelti per il loro alto rischio e frequenza di infortuni ai muscoli ischiocrurali così da poter estrapolare dei dati utili e significativi.

Utilizzando questi criteri di selezione rigorosi, abbiamo identificato atleti che soddisfassero tali requisiti e che rappresentassero una varietà di livelli di esperienza e di età.

Prima di procedere con i test fisici, a ciascun atleta è stato richiesto di compilare un modulo specifico per il consenso informato, essenziale per garantire la partecipazione consapevole allo studio. Oltre alla firma per l'autorizzazione, nel modulo sono stati raccolti dati anagrafici e informazioni personali utili per l'analisi successiva, come sesso, età, altezza e peso. Sono stati indagati inoltre eventuali infortuni pregressi o problematiche muscolari specifiche, che avrebbero potuto influenzare i risultati.

(allegato 1)

2.3 Descrizione dei test eseguiti

Per cercare di essere il più selettivi possibile e di isolare i muscoli ischiocrurali per la valutazione oggettiva abbiamo deciso di utilizzare inizialmente tre test utili solitamente per l'analisi della lunghezza muscolare, chiedendo però ai partecipanti di eseguire le prove alla massima velocità possibile. A supporto di essi abbiamo utilizzato un sensore inerziale, formato da giroscopio, accelerometro e magnetometro, il quale ci potesse fornire informazioni utili sulla capacità dei muscoli di decelerare l'arto inferiore tramite la contrazione eccentrica durante l'esecuzione delle prove in questione.

I tre test scelti per la valutazione sono:

- **Test AKE (Active Knee Extension):** questo test è utilizzato per valutare l'estensibilità degli ischiocrurali. Per eseguirlo il soggetto è sdraiato supino su un lettino con una gamba completamente distesa e la controlaterale flessa all'anca e al ginocchio a 90°, stabilizzando la posizione con una cinghia passante sotto il cavo popliteo e dietro la spalla controlaterale. Successivamente il soggetto viene istruito ad estendere attivamente la gamba interessata dal test eseguendo almeno tre ripetizioni per entrambe le gambe per valutare eventuali differenze di estensibilità.

Questo test è considerato uno dei *gold standard* per la valutazione della flessibilità degli ischiocrurali avendo un elevato livello di accordo e affidabilità, dimostrando una consistente riproducibilità dei risultati tra diverse sessioni di valutazione^{54,56,57}.

- **Test MHFAKE (Maximal Hip Flexion Active Knee Extension):** è una variante del test *AKE* che mira a isolare gli ischiocrurali riducendo l'influenza dei flessori dell'anca. Per eseguire

questo test, il soggetto è posizionato supino a bordo lettino e deve afferrare con entrambe le mani l'arto inferiore interessato durante il test a livello del cavo popliteo, trazionandolo verso il petto per tutto il range di movimento consentito. Per stabilizzare meglio la posizione, a differenza del test originale, abbiamo deciso di applicare



Figura 2 - MHFAKE test

anche in questo caso una

cinghia passante sotto il cavo popliteo e dietro la spalla controlaterale, con l'altra gamba appoggiata solo prossimalmente sul lettino. Per l'esecuzione del test il soggetto deve stendere il ginocchio della gamba flessa per tutto il range di movimento consentito. Questa posizione aiuta ad isolare il coinvolgimento dei flessori dell'anca e ad allungare maggiormente gli ischiocrurali.

- **Test ASKLING (Active Straight Leg Raise):** questo test rappresenta un'altra modalità di valutazione dell'estensibilità degli ischiocrurali. In questo caso il soggetto è sdraiato supino su un lettino con entrambe le gambe completamente distese e la gamba interessata dalla prova fissata in completa estensione da un tutore che impedisca la flessione del ginocchio. Lo sperimentatore stabilizza con l'ausilio di una cinghia l'arto inferiore controlaterale a quello interessato e, successivamente, il soggetto viene istruito a sollevare attivamente la gamba verso l'alto, mantenendo il ginocchio completamente esteso. Durante il movimento, il terapista valuta l'ampiezza del movimento e osserva se il ginocchio mantiene un'estensione completa o se flette.



Figura 3 - Askling test

Questo test ha dimostrato alti livelli di affidabilità rendendolo anche uno dei più attendibili per valutare la condizione dopo una lesione muscolare al comparto della loggia posteriore della coscia. La sua efficacia nel rilevare segni che potrebbero indicare una guarigione incompleta lo rende uno strumento prezioso nella gestione della riabilitazione e nella fase di valutazione per il *return to play*^{55,56,57}.

In seguito ai test preliminari eseguiti per capire come impostare al meglio il setting e le tempistiche per ogni prova abbiamo realizzato di quanto fosse complesso riuscire a stabilizzare sistematicamente la posizione nell'*Active Knee Extension*, anche in relazione alla velocità di esecuzione del movimento richiesta dal presente studio. Inoltre, dopo un'ulteriore serie di prove, è emerso come i dati di questo test e quelli dell'*MHFAKE* si sovrapponevano e non dessero nessuna indicazione diversa riguardo la decelerazione e la flessibilità degli *hamstring*. In conclusione abbiamo deciso di eliminare l'*Active Knee Extension* dalla sperimentazione e continuare i test solo con l'*Askling* e con l'*MHFAKE*.

2.4 Descrizione degli strumenti utilizzati

Durante i test, per l'acquisizione obiettiva dei dati, è stato utilizzato un sensore inerziale (*Gyko Repower*), dotato al suo interno di accelerometro, un giroscopio e un magnetometro.

- **Accelerometro:** è uno strumento che negli ultimi anni ha visto una crescente diffusione grazie alla sua capacità di fornire dati oggettivi riguardanti i modelli di attività fisica. Questo dispositivo è in grado di analizzare una vasta gamma di attività, come la corsa, l'equilibrio delle persone e le forze meccaniche in gioco (come impatti verticali) ed è inoltre si è rilevato essere una soluzione molto pratica imponendo un carico minimo sui partecipanti potendo essere indossato direttamente sul corpo o integrato in dispositivi portatili. Grazie a queste proprietà riesce a fornire dati oggettivi sul livello di attività fisica e sulla qualità del movimento durante la performance dell'atleta⁵⁸.
- **Giroscopio:** è un dispositivo solitamente montato su un telaio e in grado di rilevare la velocità angolare del telaio stesso su cui sta ruotando. Esistono molte classi di giroscopi a seconda del principio fisico di funzionamento e dalla tecnologia coinvolta. Questi dispositivi sono spesso integrati in sistemi noti come giroscopi inerziali, progettati per monitorare con precisione i movimenti corporei e le posture durante esercizi terapeutici e attività fisiche. Inoltre, sfruttano i principi della dinamica rotazionale per rilevare le velocità angolari e gli angoli di orientamento del corpo e questo consentendo di valutare l'equilibrio, la stabilità e la coordinazione del paziente, nonché di monitorare il progresso nel tempo. Grazie alla loro capacità di fornire dati dettagliati e accurati, il giroscopio è uno strumento sempre più essenziali nella riabilitazione e nel monitoraggio della performance fisica, contribuendo a migliorare la qualità e l'efficacia degli interventi terapeutici⁵⁹.
- **Magnetometro:** è uno strumento utilizzato per misurare la forza, l'intensità e la direzione di un campo magnetico in un punto specifico. Funziona rilevando e quantificando le componenti del campo lungo tre assi ortogonali, consentendo di determinare in modo completo il vettore che rappresenta il campo magnetico locale. A seconda del tipo, un magnetometro può misurare l'intensità assoluta del campo magnetico o individuare variazioni locali.

Questi tre strumenti di misurazione possono essere utilizzati sia singolarmente che in combinazione per ottimizzare al meglio la raccolta dei dati all'interno di sistemi più complessi. È stato dimostrato che l'uso combinato di accelerometri e giroscopi offre una maggiore accuratezza nel riconoscimento

dell'attività e performance fisica, fornendo una visione più completa e dettagliata migliorando così l'affidabilità delle misurazioni e delle analisi svolte⁶⁰.

2.5 Preparazione del setting

Per quanto riguarda la preparazione del setting nell'*Askling test*, una volta che gli atleti si sono distesi a lettino, la gamba controlaterale a quella da testare è stata stabilizzata con una cinghia, passante sopra la gamba e sotto il lettino per garantire una posizione stabile durante l'esecuzione del movimento. Successivamente un tutore è stato posizionato sulla gamba da testare per impedire la flessione del ginocchio durante la prova. Infine è stato posizionato il sensore *Gyko Repower* lateralmente sulla gamba, all'altezza della tuberosità ischiatica, orientato secondo l'asse longitudinale della tibia.

Relativamente al setting per il test *MHFAKE* è stato chiesto agli atleti di sedersi sul bordo del lettino e poi di distendersi lasciando fuori le gambe, successivamente la gamba interessata è stata portata passivamente dall'operatore in massima flessione d'anca e infine è stata stabilizzata la posizione con una cinghia passante sotto il cavo popliteo e dietro la spalla controlaterale dell'atleta. *Gyko* è stato posizionato sempre nella stessa posizione del test precedente. La gamba non interessata dal test in questo caso non è stata stabilizzata né dall'operatore e né da una cinghia.

L'accelerometro *Gyko* durante l'esecuzione dei test è stato collegato ad un computer esterno per vedere in tempo reale i grafici del movimento eseguito e, in aggiunta, è stata collegata anche una telecamera per controllare la qualità del movimento stesso ed eventualmente poter notare degli errori durante l'esecuzione della prova e ripeterla immediatamente.

2.6 Procedura

Dopo aver posizionato correttamente i partecipanti, abbiamo eseguito i test seguendo sempre la stessa sequenza di prove: *Askling* destro, *Askling* sinistro, *MHFAKE* destro, *MHFAKE* sinistro. Abbiamo misurato sempre prima l'angolo massimo raggiungibile passivamente dai partecipanti nell'esecuzione del test e poi eseguito in successione le prove attive.

Gli atleti sono stati istruiti a interrompere il movimento passivo non appena avvertivano il primo segnale di discomfort a carico della catena posteriore della gamba, specificamente nella zona degli ischiocrurali, ed è stato spiegato loro di eseguire il movimento attivo richiesto con la massima velocità possibile per cinque ripetizioni in ciascuna prova, dopo aver ascoltato il segnale acustico che indicava l'inizio della registrazione dei dati. Nel caso dell'*MHFAKE* cercando di estendere la gamba il più possibile e ritornando alla posizione di partenza prima di eseguire un'altra ripetizione, mentre nel caso dell'*Askling* "calciando" verso l'alto per flettere l'anca mantenendo sempre la gamba estesa. In

entrambi i test è stato richiesto di rallentare il ritorno verso la posizione zero per non rimbalzare con l'arto inferiore e non creare un segnale che avrebbe potuto essere interpretato come l'inizio di una nuova prova da parte del sistema di analisi dati.

Tra una ripetizione e l'altra, infine, c'è sempre stata una pausa di almeno un secondo per rendere più chiari i dati raccolti e separare tra loro le prove, per non creare interferenza durante l'esecuzione del movimento.

Ogni partecipante allo studio ha eseguito complessivamente 20 prove, suddivise in 5 prove con la gamba sinistra e 5 con la gamba destra, per ciascuno dei due test selezionati: l'Askling test e il test MHFAKE.

2.7 Analisi dati

Il software del dispositivo *Gyko Repower* consente di esportare, relativamente alle prove eseguite, le serie di dati grezzi dell'accelerometro, del giroscopio e del magnetometro, nei loro tre assi.

Nello specifico, la serie di dati del giroscopio che riporta la velocità rotazionale intorno all'asse del sensore parallelo all'asse trasversale dell'arto inferiore sarà utilizzata per i successivi calcoli. Infatti, integrando tale serie di dati verrà ottenuta la serie di dati dell'angolo di orientamento dell'arto nel tempo, e derivandola si otterrà una serie di dati di accelerazione angolare nel tempo.

Con i dati calcolati procederemo a una valutazione sia quantitativa che qualitativa dei test muscolari eseguiti.

Nella fase quantitativa ci concentreremo su parametri specifici per analizzare a fondo la cinematica delle prove seguite. In particolare esamineremo: il picco di velocità angolare (positivo e negativo), il picco di accelerazione (positivo e negativo), il timing dei picchi di velocità angolare ed accelerazione, esprimendoli sia in termini di quantità di tempo prima del raggiungimento della massima escursione che in relazione all'angolo in cui avvengono in base all'escursione passiva precedentemente misurata, e calcoleremo il rapporto tra i picchi di accelerazione angolare massimo e minimo prendendo in considerazione la variabile temporale.

Andremo poi a calcolare la media delle 5 prove eseguite con ciascuna gamba per ogni atleta, sia per l'Askling test sia per l'MHFAKE, per consentire una valutazione dettagliata e comparativa delle prestazioni tra i due arti e tra gli atleti stessi. Successivamente calcoleremo anche la media delle medie, la mediana e la deviazione standard per ogni variabile di nostro interesse, come citato in precedenza, e inoltre andremo a determinare il coefficiente di variazione tra le prove del singolo soggetto.

Per quanto riguarda l'analisi qualitativa, ci proponiamo di identificare strategie comuni di decelerazione tra gli atleti. A tal fine, analizzeremo le curve relative all'angolo raggiunto, alla velocità

angolare e all'accelerazione/decelerazione eseguite con l'obiettivo di rilevare pattern ricorrenti nelle modalità di decelerazione e comprendere le possibili differenze di approccio biomeccanico tra i partecipanti, che potrebbero influire sulle prestazioni e sui rischi di infortunio muscolare.

Oltre alla classificazione delle strategie, andremo a computare il rapporto tra il picco di massima accelerazione e il picco di massima decelerazione per ogni prova effettuata in base alla strategia utilizzata dai partecipanti, e successivamente andremo a calcolare la media di questo rapporto per ogni strategia adottata.

CAPITOLO 3

RISULTATI

Il processo di reclutamento e di esecuzione dei test sugli atleti è stato condotto nel periodo compreso tra giugno 2024 e ottobre 2024. Durante questo intervallo temporale, sono stati selezionati partecipanti idonei per lo studio, rispettando i criteri predefiniti legati sia all'attività sportiva sia alla disponibilità nel periodo di ricerca.

Al termine delle fasi di reclutamento e test, il campione finale di studio è risultato composto da un totale di 24 individui, suddivisi in 18 uomini e 6 donne, tutti praticanti il calcio come attività sportiva principale. Il fatto che il campione selezionato sia omogeneo per quanto riguarda l'attività praticata consente di ridurre le variabili legate alle differenti richieste fisiche e tecniche di sport diversi, garantendo una maggiore omogeneità del gruppo di studio e una maggiore affidabilità nell'analisi dei dati raccolti.

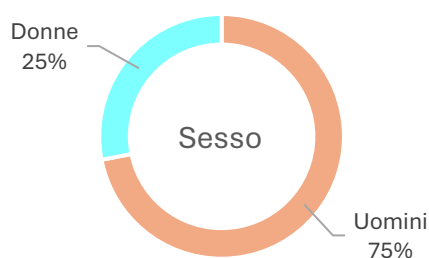
3.1 Raccolta dati

Attraverso il questionario somministrato precedentemente all'esecuzione dei test fisici siamo andati a raccogliere i dati anagrafici di nostro interesse e altri dati utili per comprendere il livello sportivo dei partecipanti al progetto di studio.

- *Sesso*

Sesso	Numero	Percentuale
<i>Uomini</i>	<i>18</i>	<i>75,0%</i>
<i>Donne</i>	<i>6</i>	<i>25,0%</i>
<i>Totale</i>	<i>24</i>	<i>100%</i>

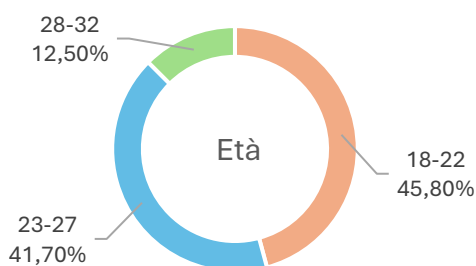
Tabella 3 - distribuzione del sesso all'interno del campione



- *Età*

Età (anni)	Numero	Percentuale
<i>18-22</i>	<i>11</i>	<i>45,8%</i>
<i>23-27</i>	<i>10</i>	<i>41,7%</i>
<i>28-32</i>	<i>3</i>	<i>12,5%</i>
<i>Totale</i>	<i>24</i>	<i>100%</i>
<i>Media ± Dev. St.</i>	<i>23,3 ± 4,2 (anni)</i>	

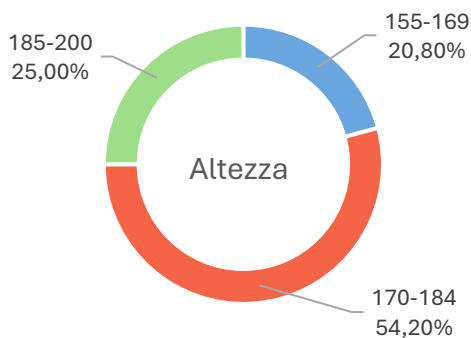
Tabella 4 - distribuzione delle classi d'età all'interno del campione



- *Altezza*

Altezza (cm)	Numero	Percentuale
<i>155-169</i>	<i>5</i>	<i>20,8%</i>
<i>170-184</i>	<i>13</i>	<i>54,2%</i>
<i>185-200</i>	<i>6</i>	<i>25,0%</i>
<i>Totale</i>	<i>24</i>	<i>100%</i>
<i>Media ± Dev. St.</i>	<i>177,5 ± 10,7 (cm)</i>	

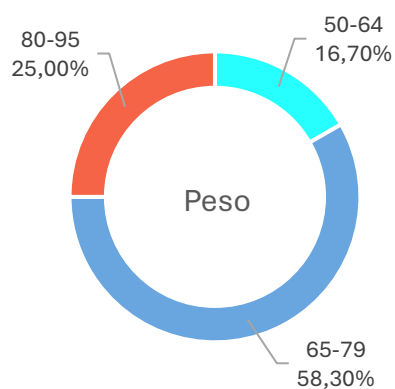
Tabella 5 - distribuzione delle classi di altezza all'interno del campione



- *Peso*

Peso (kg)	Numero	Percentuale
50-64	4	16,7%
65-79	14	58,3%
80-95	6	25,0%
<i>Totale</i>	24	100%
<i>Media ± Dev. St.</i>	72,0 ± 10,5 (kg)	

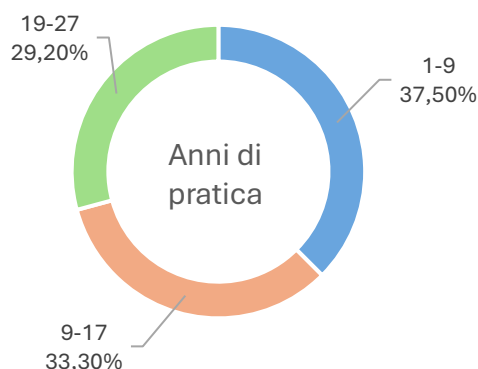
Tabella 6 - distribuzione delle classi di peso all'interno del campione



- *Anni di pratica sportiva*

Anni di pratica (anni)	Numero	Percentuale
0-9	9	37,5%
10-19	8	33,3%
20+	7	29,2%
<i>Totale</i>	24	100%
<i>Media ± Dev. St.</i>	12,5 ± 7,7 (anni)	

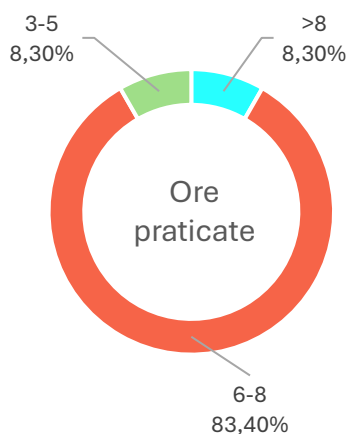
Tabella 7 – distribuzione delle classi di anni di pratica sportiva all'interno del campione



- *Ore praticate settimanalmente*

Ore praticate (h)	Numero	Percentuale
3-5	2	8,3%
6-8	21	83,4%
>8	2	8,3%
<i>Totale</i>	<i>24</i>	<i>100%</i>
<i>Media ± Dev. St.</i>	<i>6,8 ± 1,6 (h)</i>	

Tabella 8 – distribuzione delle classi di ore praticate all'interno del campione



Il campione maggiormente rappresentato è quello di sesso maschile, con un'età compresa tra i 18 e i 22 anni, con un'altezza tra i 170 e 184 cm, un peso tra i 65 e gli 79 kg, che pratica lo sport in una fascia che va da un anno ai 9 anni e che durante la settimana svolge tra le 6 e le 8 ore di allenamento (esclusa la competizione del weekend).

Grazie alla somministrazione del questionario preliminare è stato possibile raccogliere poi informazioni personali più dettagliate, oltre ai dati anagrafici già riportati. In particolare è stata approfondita la presenza di eventuali eventi avversi subiti in passato, ponendo particolare attenzione agli infortuni muscolari pregressi nella zona degli *hamstring*, indagando sia la durata dell'inattività conseguente a tali lesioni sia le modalità con cui è stata effettuata la diagnosi. Inoltre, è stato richiesto ai partecipanti di specificare il tipo di riabilitazione seguito per il recupero da questi episodi (terapia manuale, trattamenti fisici, riposo, ecc.) e di segnalare eventuali altri infortuni di diversa natura accorsi all'arto inferiore che avrebbero potuto influenzare le prestazioni nei test.

Presenza infortuni hamstring	Numero	Percentuale
<i>Si</i>	4	16,7%
<i>No</i>	20	83,3%
<i>Totale</i>	24	100%
Se SI, quante volte?		
<i>Una</i>	3	75,0%
<i>Due</i>	1	25,0%
<i>Tre</i>	/	/
<i>Più di tre</i>	/	/
<i>Totale</i>	4	100%
Se SI, a quando risale l'ultimo infortunio?		
<i>Meno di 3 mesi fa</i>	/	/
<i>Dai 3 ai 6 mesi fa</i>	/	/
<i>Più di 6 mesi fa</i>	4	100,0%
<i>Totale</i>	4	100%
Se SI, quale arto inferiore è stato colpito?		
<i>Destro</i>	3	75,0%
<i>Sinistro</i>	/	/
<i>Entrambi</i>	1	25,0%
<i>Totale</i>	4	100%
Se SI, per quanti giorni non hai praticato attività sportiva? (riferito all'ultimo episodio subito)		
<i>0-2 settimane</i>	1	25,0%
<i>3-5 settimane</i>	2	50,0%
<i>> 5 settimane</i>	1	25,0%
<i>Totale</i>	4	100%
Se SI, con che modalità hai avuto la diagnosi? (più risposte possibili)		
<i>Diagnosi funzionale</i>	2	
<i>Imaging (Ecografia, RM, etc.)</i>	2	
Se Si, hai eseguito riabilitazione per l'infortunio subito? (più risposte possibili)		
<i>No</i>	/	
<i>Riposo</i>	3	
<i>Terapia manuale</i>	2	
<i>Esercizio terapeutico</i>	2	
<i>Terapie fisiche</i>	3	

Tabella 9 – indagine infortuni hamstring partecipanti

Presenza di altri infortuni arto inferiore	N	Percentuale
<i>Si</i>	14	58,3%
<i>No</i>	10	41,7%
<i>Totale</i>	24	100%
Se SI, che tipo di infortunio? (più risposte possibili)		
<i>Infortunio muscolare al quadricipite</i>	5	
<i>Infortunio muscolare agli adduttori</i>	4	
<i>Infortunio muscolare al tricipite surale</i>	/	
<i>Lesione LCA</i>	/	
<i>Lesione meniscale</i>	1	
<i>Distorsione ginocchio</i>	1	
<i>Distorsione caviglia</i>	9	
<i>Altro</i>	1	
Se SI, è avvenuto nella stessa gamba dell'infortunio agli ischiocrurali?		
<i>Si</i>	1	25,0%
<i>No</i>	3	75,0%
<i>Totale</i>	4	100%
Se SI, per quanti giorni non hai praticato attività sportiva? (riferito all'ultimo episodio subito)		
<i>1-10 giorni</i>	4	
<i>11-19 giorni</i>	3	
<i>20-30 giorni</i>	4	
<i>Totale</i>	11 (sistemare totale)	100%
Se SI, con che modalità hai avuto la diagnosi? (più risposte possibili)		
<i>Diagnosi funzionale</i>	11	
<i>Imaging (Ecografia, RM, etc.)</i>	6	
Se Si, hai eseguito riabilitazione per l'infortunio subito? (più risposte possibili)		
<i>No</i>	1	
<i>Riposo</i>	6	
<i>Terapia manuale</i>	7	
<i>Esercizio terapeutico</i>	5	
<i>Terapie fisiche</i>	4	

Tabella 10 – indagine altri infortuni arti inferiori partecipanti

Nel campione di 24 atleti esaminati, sono stati identificati 4 soggetti che hanno riportato un infortunio agli *hamstring*. Di questi, 3 hanno subito l'infortunio alla gamba destra, mentre uno ha presentato un interessamento bilaterale. Abbiamo verificato in seguito come questa distribuzione evidenzia che in tutti e quattro i casi la gamba destra è quella dominante, sottoposta quindi a maggiori sollecitazioni durante l'attività fisica del calcio.

Inoltre, tutti e 4 hanno riportato l'infortunio a distanza di oltre 6 mesi dalla valutazione eseguita, con un tempo medio di assenza dai campi di gioco di 37 giorni. Durante il periodo di recupero gli atleti hanno seguito una varietà di trattamenti che coinvolgono riposo, terapia manuale, trattamenti fisici e esercizi terapeutici.

Abbiamo indagato ulteriormente se gli atleti avessero subito altri tipi di infortuni all'arto inferiore, al fine di comprendere eventuali influenze sui test condotti. Solo uno dei 4 soggetti con una storia di lesione agli ischiocrurali ha riportato un infortunio alla stessa gamba coinvolta, con una distorsione al legamento collaterale laterale, avvenuta meno di 3 mesi prima della valutazione. In questo caso, è stata esclusa la possibilità che questo infortunio influenzasse i risultati dei test eseguiti poiché uno dei criteri di inclusione adottati è la partecipazione regolare all'attività sportiva, il che garantisce che i soggetti siano adeguatamente preparati per sostenere le prove previste.

3.2 Analisi quantitativa

In questa fase siamo andati ad estrapolare i dati che ha acquisito il sensore inerziale dopo l'esecuzione delle prove per cercare i valori di nostro interesse.

Considerando un campione totale di 24 atleti, il numero complessivo di prove raccolte dovrebbe ammontare a 480 (5 prove per gamba x 2 test x 24 atleti), ma durante la trascrizione sono stati persi alcuni dati per un totale finale di 465 prove.

Come specificato in precedenza, la metodologia di analisi che abbiamo adottato ci consente di ottenere una rappresentazione più accurata delle prestazioni individuali e di gruppo, riducendo l'impatto di eventuali variazioni isolate nelle singole prove e offrendo una visione complessiva sia per ciascun test sia per ciascun arto coinvolto.

- Velocità angolare

PICCO DI VELOCITA' ANGOLARE POSITIVO E NEGATIVO								
ATLETI	ASKLING DX		ASKLING SX		MHFAKE DX		MHFAKE SX	
	PICCO VEL ANG POSITIV O	PICCO VEL ANG NEGATI VO	PICCO VEL ANG POSITIV O	PICCO VEL ANG NEGATI VO	PICCO VEL ANG POSITIV O	PICCO VEL ANG NEGATI VO	PICCO VEL ANG POSITIV O	PICCO VEL ANG NEGATI VO
Atleta 1	353,345	-198,948	312,885	-186,982	495,231	-125,434	485,313	-121,302
Atleta 2	270,297	-170,030	246,196	-208,951	506,056	-167,258	499,284	-137,239
Atleta 3	283,559	-224,995	279,072	-130,484	390,774	-135,334	375,495	-134,088
Atleta 4	296,392	-156,559	282,562	-143,695	513,065	-153,748	517,687	-137,547
Atleta 5	277,951	-118,054	271,607	-128,227	415,862	-92,346	495,529	-130,971
Atleta 6	256,278	-199,308	227,044	-201,093	487,879	-185,499	503,177	-199,127
Atleta 7	323,202	-195,623	290,697	-161,010	536,549	-164,680	468,717	-94,284
Atleta 8	258,318	-152,592	259,465	-145,485	376,503	-130,259	437,943	-139,640
Atleta 9	279,174	-130,573	257,734	-135,997	408,912	-96,343	355,726	-70,771
Atleta 10	277,033	-159,278	288,849	-163,003	379,059	-98,917	363,353	-76,359
Atleta 11	282,103	-132,735	287,084	-124,893	435,795	-118,007	410,505	-102,667
Atleta 12	250,731	-120,269	NA	NA	430,718	-107,058	432,143	-124,933
Atleta 13	326,093	-182,943	297,921	-169,611	505,810	-107,338	501,889	-122,876
Atleta 14	296,098	-142,418	281,096	-165,377	310,286	-93,553	449,087	-95,887
Atleta 15	325,919	-206,482	243,472	-172,313	320,968	-185,993	437,177	-107,457
Atleta 16	286,951	-189,089	271,232	-163,365	360,582	-161,649	416,474	-126,184
Atleta 17	242,384	-100,218	294,218	-105,582	427,513	-118,002	439,438	-119,092
Atleta 18	327,306	-219,451	345,179	-201,422	442,172	-114,135	505,081	-199,402
Atleta 19	316,471	-211,087	369,522	-247,365	385,307	-96,794	374,557	-111,291
Atleta 20	309,266	-113,201	317,350	-107,911	406,803	-78,419	463,415	-116,025
Atleta 21	307,732	-186,664	312,282	-182,920	421,503	-124,210	439,500	-153,498
Atleta 22	253,776	-178,348	296,404	-132,691	374,922	-88,662	386,454	-87,162
Atleta 23	312,529	-141,943	291,320	-84,552	506,114	-95,204	492,907	-84,496
Atleta 24	292,933	-137,602	313,412	-178,614	473,396	-147,959	484,082	-186,771
MEDIA	291,910	-165,351	288,548	-158,328	429,657	-124,450	447,289	-124,128
MEDIANA	289,942	-164,654	288,849	-163,003	424,508	-118,005	444,293	-122,089
DEV STANDARD	28,883	36,481	32,147	37,864	62,405	31,723	49,979	34,628
COEF DI VARIAZIONE	0,065	-0,121	0,060	-0,111	0,089	-0,178	0,078	-0,169

Tabella 11 - velocità angolare

- Accelerazione

PICCO DI ACCELERAZIONE POSITIVO E NEGATIVO								
	ASKLING DX		ASKLING SX		MHFAKE DX		MHFAKE SX	
ATLETI	PICCO ACC POSITIVO	PICCO ACC NEGATIVO	PICCO ACC POSITIVO	PICCO ACC NEGATIVO	PICCO ACC POSITIVO	PICCO ACC NEGATIVO	PICCO ACC POSITIVO	PICCO ACC NEGATIVO
Atleta 1	2072,569	-1923,490	1662,985	-2353,700	4385,347	-5588,960	4073,122	-4385,270
Atleta 2	1856,902	-1659,990	1475,336	-1647,430	3754,418	-5719,950	4260,538	-4952,640
Atleta 3	2209,152	-1423,580	1332,173	-1599,850	3916,367	-3030,700	3594,431	-2744,460
Atleta 4	2106,741	-1446,540	1760,029	-2446,550	4153,110	-4762,260	4219,616	-4556,350
Atleta 5	1769,909	-2089,540	1523,424	-1826,000	3956,972	-4664,000	4933,907	-5831,730
Atleta 6	926,712	-1828,790	975,317	-1781,770	3448,668	-5460,090	4146,973	-4502,120
Atleta 7	2450,777	-2290,590	1580,392	-2681,070	4838,393	-7532,940	4029,960	-4580,920
Atleta 8	1403,386	-1547,640	1716,961	-1641,000	2551,633	-2915,490	2898,115	-4033,090
Atleta 9	1886,634	-1486,540	2141,749	-1534,540	2972,530	-3358,070	2604,214	-2795,200
Atleta 10	1846,506	-1754,930	2067,515	-1383,880	2917,711	-3618,500	2880,295	-3583,010
Atleta 11	2050,162	-1397,470	2332,095	-1314,850	4310,647	-3808,830	4134,302	-3032,450
Atleta 12	1030,420	-1287,300	NA	NA	2853,737	-3922,640	2705,709	-4377,710
Atleta 13	1839,569	-2911,030	1593,213	-3031,260	3365,490	-5197,910	3892,230	-4727,470
Atleta 14	1417,476	-1750,800	1337,429	-1579,370	2378,190	-2959,180	3848,155	-5420,660
Atleta 15	1886,227	-1903,720	1238,837	-1147,310	2468,195	-3094,480	3440,791	-4535,650
Atleta 16	1805,803	-1668,620	1959,230	-1509,870	2550,228	-2837,800	2593,088	-4561,920
Atleta 17	1601,424	-1412,560	1884,343	-1739,410	4174,603	-4569,750	4084,847	-4739,280
Atleta 18	2131,977	-2830,530	2319,453	-2909,670	3750,845	-3468,700	4529,855	-3494,270
Atleta 19	2766,664	-2042,790	2721,735	-2112,200	3398,337	-3977,560	3233,805	-4030,530
Atleta 20	1834,496	-1753,420	1735,064	-1853,940	2968,068	-4620,030	3455,760	-5654,070
Atleta 21	1961,099	-1753,660	2473,482	-2379,280	3094,098	-4455,230	3399,305	-4435,350
Atleta 22	1493,685	-1409,180	2345,780	-1734,070	3430,302	-3143,810	3891,290	-3343,530
Atleta 23	2156,440	-1336,660	2124,759	-1297,460	4885,989	-4819,490	4761,220	-5386,170
Atleta 24	1871,512	-1825,150	1863,352	-1409,090	4536,647	-5022,800	4465,690	-5126,360
MEDIA	1849,010	-1780,600	1833,246	-1865,810	3544,188	-4272,880	3753,217	-4367,930
MEDIANA	1864,207	-1752,110	1760,029	-1734,070	3439,485	-4216,400	3891,760	-4518,890
DEV STANDARD	405,549	422,977	436,469	527,664	758,019	1149,404	675,512	855,751
COEF DI VARIANZA	0,152	-0,116	0,130	-0,114	0,160	-0,161	0,132	-0,145

Tabella 12 - accelerazione angolare

- Timing di velocità angolare

	RAPPORTO TRA I PICCHI (TEMPO)											
	ASKLING DX			ASKLING SX			MHFAKE DX			MHFAKE SX		
ATLETI	TIMING PICCO POS VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG VEL ANG (ANGO LO)	TIMING PICCO POS ANG (ANGO LO)
Atleta 1	59,870	72,300	-0,242	66,073	82,046	-0,220	64,084	73,868	-0,124	63,863	83,551	-0,220
Atleta 2	67,917	77,206	-0,241	84,003	80,688	-0,222	64,269	73,747	-0,125	73,260	84,710	-0,141
Atleta 3	52,603	80,271	-0,336	56,209	96,068	-0,320	48,577	49,384	-0,468	42,244	27,328	-0,496
Atleta 4	47,925	87,326	-0,314	50,964	78,353	-0,258	58,893	67,912	-0,180	66,713	93,186	-0,240
Atleta 5	66,433	96,791	-0,226	76,361	100,717	-0,224	47,818	73,201	-0,124	63,509	77,263	-0,118
Atleta 6	70,388	89,239	-0,296	50,205	61,153	-0,336	61,494	48,677	-0,132	54,931	67,740	-0,260
Atleta 7	54,517	79,314	-0,234	73,301	98,584	-0,214	67,595	107,052	-0,098	60,355	78,187	-0,138
Atleta 8	73,666	94,957	-0,250	64,368	85,086	-0,260	61,012	79,347	-0,196	67,902	73,595	-0,152
Atleta 9	65,265	93,495	-0,250	87,614	115,356	-0,220	75,620	83,995	-0,208	63,480	91,896	-0,250
Atleta 10	68,882	78,268	-0,250	60,746	72,170	-0,276	54,645	84,334	-0,336	61,215	80,945	-0,314
Atleta 11	56,022	81,493	-0,286	43,335	70,323	-0,336	46,286	61,324	-0,232	48,130	59,141	-0,284
Atleta 12	62,231	90,228	-0,289	56,056	75,883	-0,274	55,520	54,302	-0,199	60,007	54,071	-0,176
Atleta 13	63,122	93,311	-0,223	86,079	95,841	-0,176	76,941	112,621	-0,212	59,334	59,661	-0,181
Atleta 14	67,579	87,397	-0,242	74,134	94,051	-0,250	56,578	74,896	-0,146	73,038	77,309	-0,116
Atleta 15	63,311	69,894	-0,224	64,614	68,231	-0,302	68,582	53,304	-0,144	75,572	86,256	-0,140
Atleta 16	63,696	74,819	-0,262	61,216	67,112	-0,282	45,128	58,537	-0,204	68,913	60,360	-0,126
Atleta 17	63,773	101,221	-0,258	70,020	110,289	-0,264	55,446	71,285	-0,240	67,966	93,889	-0,150
Atleta 18	71,548	70,685	-0,219	81,571	81,461	-0,185	50,847	68,639	-0,348	54,402	52,179	-0,324
Atleta 19	31,000	62,704	-0,278	53,361	62,574	-0,242	44,099	46,337	-0,186	47,100	47,669	-0,166
Atleta 20	64,426	101,115	-0,252	72,098	101,957	-0,252	58,630	64,099	-0,208	61,843	64,968	-0,156
Atleta 21	66,506	82,694	-0,263	68,726	85,349	-0,212	67,526	76,957	-0,131	68,154	85,143	-0,143
Atleta 22	64,538	80,293	-0,256	60,215	97,073	-0,290	44,974	56,684	-0,270	58,214	72,056	-0,328
Atleta 23	45,781	83,485	-0,318	49,512	79,410	-0,314	53,248	86,032	-0,446	52,126	73,347	-0,300
Atleta 24	66,794	92,350	-0,256	58,941	62,938	-0,320	60,301	66,894	-0,136	53,780	53,158	-0,244
MEDIA	61,575	84,202	-0,261	65,405	84,280	-0,260	57,838	70,560	-0,212	61,085	70,734	-0,215
MEDIANA	64,100	83,089	-0,254	64,491	81,754	-0,259	57,604	69,962	-0,197	61,529	73,471	-0,179
DEV STANDARD	9,575	10,205	0,031	12,283	15,426	0,046	9,384	16,734	0,099	8,610	16,567	0,092
COEF VARIAZIONE	0,155	0,121	-0,120	0,188	0,183	-0,177	0,162	0,237	-0,466	0,141	0,234	-0,429

Tabella 13 - timing picco di velocità angolare

- Timing picco di accelerazione

	RAPPORTO TRA I PICCHI (TEMPO)											
	ASKLING DX			ASKLING SX			MHFAKE DX			MHFAKE SX		
ATLETI	TIMING PICCO POS ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG (TEM PO)	TIMING PICCO POS ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG (TEM PO)	TIMING PICCO POS ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG (TEM PO)	TIMING PICCO POS ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG ACC (ANGO LO)	TIMING PICCO NEG (TEM PO)
Atleta 1	10,750	110,629	-0,070	10,966	113,896	-0,042	19,838	110,413	-0,050	23,876	106,848	-0,130
Atleta 2	NA	103,169	-0,095	7,472	115,279	-0,053	19,776	102,905	-0,052	37,273	117,016	-0,059
Atleta 3	5,125	100,257	0,130	14,357	104,075	-0,136	8,371	93,781	-0,374	8,489	79,533	-0,414
Atleta 4	10,269	115,779	-0,050	6,613	107,460	-0,044	18,472	100,542	-0,102	26,012	109,112	-0,152
Atleta 5	10,773	124,340	-0,048	19,524	128,912	-0,052	13,750	86,690	-0,038	23,590	108,652	-0,048
Atleta 6	35,437	122,235	-0,026	6,351	99,153	-0,084	20,582	96,567	-0,060	20,053	95,907	-0,164
Atleta 7	6,112	118,923	-0,056	11,585	132,573	-0,046	22,355	113,076	-0,022	21,399	105,536	-0,044
Atleta 8	12,128	126,147	-0,066	4,543	120,869	-0,066	12,884	101,063	-0,106	29,123	109,466	-0,066
Atleta 9	3,270	117,233	-0,076	7,355	131,922	-0,054	21,268	127,939	-0,124	21,874	110,774	-0,150
Atleta 10	9,609	120,033	-0,058	3,941	106,392	-0,108	17,101	93,371	-0,266	24,906	99,356	-0,238
Atleta 11	4,278	96,782	-0,128	6,414	95,679	-0,118	14,100	80,997	-0,160	19,510	78,120	-0,222
Atleta 12	11,643	109,767	-0,056	14,849	88,932	-0,098	21,059	90,688	-0,114	17,689	89,671	-0,092
Atleta 13	8,936	118,672	-0,045	15,434	123,625	-0,048	21,994	124,143	-0,128	17,956	101,368	-0,097
Atleta 14	17,569	108,154	-0,110	16,989	122,470	-0,088	14,931	98,467	-0,056	29,658	115,072	-0,042
Atleta 15	4,482	102,378	-0,104	8,611	114,524	-0,102	14,077	117,831	-0,048	22,195	124,361	-0,062
Atleta 16	4,760	108,382	-0,062	6,671	101,775	-0,112	12,347	85,870	-0,096	37,464	104,423	-0,048
Atleta 17	2,744	123,598	-0,076	12,454	121,908	-0,130	15,567	98,054	-0,168	25,849	112,512	-0,072
Atleta 18	3,345	119,856	-0,047	4,900	114,731	-0,078	12,348	88,423	-0,272	18,381	92,539	-0,240
Atleta 19	NA	93,851	-0,034	3,322	103,482	-0,024	11,079	77,037	-0,111	17,544	79,348	-0,085
Atleta 20	8,572	105,738	-0,118	10,899	117,969	-0,112	14,634	92,174	-0,130	25,205	95,528	-0,080
Atleta 21	6,003	119,033	-0,098	9,110	120,797	-0,060	23,291	110,923	-0,053	27,081	110,105	-0,064
Atleta 22	2,893	109,200	-0,058	8,058	106,635	-0,149	14,610	81,951	-0,178	24,881	97,204	-0,246
Atleta 23	9,271	85,897	-0,166	10,578	94,647	-0,150	13,540	95,079	-0,374	21,218	85,483	-0,228
Atleta 24	6,398	107,124	-0,136	9,260	104,627	-0,170	15,107	105,026	-0,062	18,375	89,447	-0,170
MEDIA	7,694	111,132	-0,069	9,594	112,180	-0,089	16,378	98,875	-0,131	23,317	100,724	-0,134
MEDIANA	6,255	110,198	-0,064	8,861	114,210	-0,086	15,019	97,311	-0,108	22,893	102,896	-0,095
DEV STANDARD	7,796	10,508	0,055	4,296	11,993	0,040	4,064	13,323	0,099	6,271	12,636	0,092
COEF VARIAZIONE	1,013	0,095	-0,798	0,448	0,107	-0,457	0,248	0,135	-0,756	0,269	0,125	-0,690

Tabella 14 - timing picco di accelerazione angolare

- Rapporto tra i picchi di accelerazione (positiva e negativa)

RAPPORTO TRA I PICCHI (TEMPO)				
	ASKLING DX	ASKLING SX	MHFAKE DX	MHFAKE SX
ATLETI	RAPPORTO PICCO POS/NEG	RAPPORTO PICCO POS/NEG	RAPPORTO PICCO POS/NEG	RAPPORTO PICCO POS/NEG
Atleta 1	1,07751	0,70654	0,78464	0,92882
Atleta 2	1,11862	0,89554	0,65637	0,86026
Atleta 3	1,55183	0,83268	1,29223	1,30970
Atleta 4	1,45640	0,71939	0,87209	0,92610
Atleta 5	0,84703	0,83430	0,84841	0,84604
Atleta 6	0,50674	0,54739	0,63161	0,92112
Atleta 7	1,06993	0,58946	0,64230	0,87973
Atleta 8	0,90679	1,04629	0,87520	0,71858
Atleta 9	1,26914	1,39569	0,88519	0,93167
Atleta 10	1,05218	1,49399	0,80633	0,80388
Atleta 11	1,46705	1,77365	1,13175	1,36335
Atleta 12	0,80045	/	0,72750	0,61807
Atleta 13	0,63193	0,52559	0,64747	0,82332
Atleta 14	0,80962	0,84681	0,80366	0,70991
Atleta 15	0,99081	1,07978	0,79761	0,75861
Atleta 16	1,08221	1,29762	0,89867	0,56842
Atleta 17	1,13371	1,08332	0,91353	0,86191
Atleta 18	0,75321	0,79715	1,08134	1,29637
Atleta 19	1,35435	1,28858	0,85438	0,80233
Atleta 20	1,04624	0,93588	0,64243	0,61120
Atleta 21	1,11829	1,03959	0,69449	0,76641
Atleta 22	1,05997	1,35276	1,09113	1,16383
Atleta 23	1,61330	1,63763	1,01380	0,88397
Atleta 24	1,02540	1,32238	0,90321	0,87112
MEDIA	1,03842	0,98255	0,82946	0,85927
MEDIANA	1,06398	1,01497	0,81574	0,86122
DEV STANDARD	0,95880	0,82717	0,65949	0,78938
COEF DI VARIAZIONE	0,92333	0,84186	0,79508	0,91867

Tabella 15 - rapporto tra i picchi di accelerazione

3.3 Analisi qualitativa

Per l'analisi qualitativa delle strategie di decelerazione adottate dai partecipanti ai test, ci siamo concentrati sull'interpretazione visiva dei grafici generati, i quali rappresentano tre diversi tipi di curve. La prima curva mostra l'andamento nel tempo dell'angolo raggiunto dall'atleta in modo attivo durante il test, espresso in gradi. La seconda illustra la velocità angolare, misurata in angoli per secondo (ang/s). Infine, la terza curva rappresenta l'accelerazione e la decelerazione angolare, con valori espressi in gradi per secondo quadrato (gradi/s^2). Tutte e tre le curve riportano i rispettivi valori (angolo, ang/s, gradi/s^2) in funzione del tempo (Tabella 16).

Per distinguere una strategia di decelerazione rispetto a un'altra, abbiamo preso in considerazione tutti questi dati, concentrandoci però principalmente su due curve: angolo raggiunto, valutato attraverso la variabile del tempo di stazionamento degli atleti ad un determinato angolo generando così un plateau o picco piatto, indicativo di una fase di stasi durante il movimento, e accelerazione/decelerazione raggiunta, valutando la qualità dell'una rispetto all'altra e i valori raggiunti sia in positivo che in negativo.

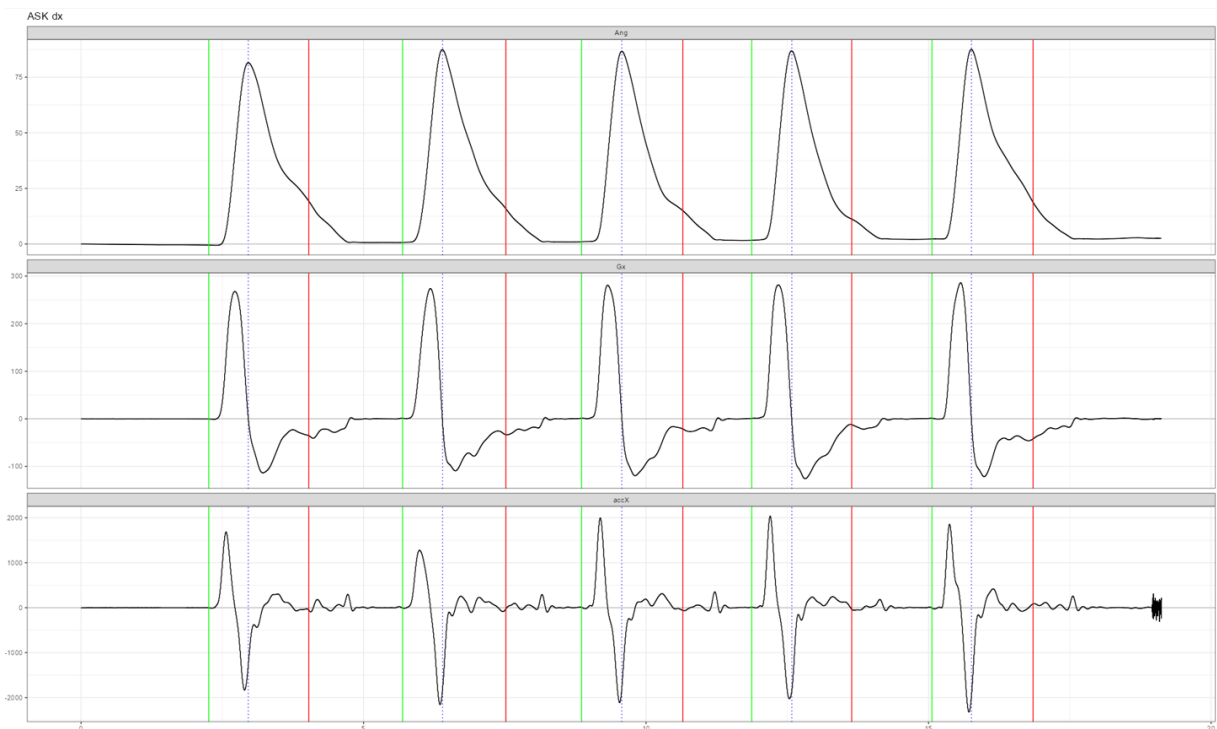


Figura 4 - variabili di angolo, velocità angolare e accelerazione per 5 prove

Dall'analisi visiva dei grafici è stato possibile identificare cinque strategie ricorrenti tra i vari partecipanti:

1. **Strategia “picco singolo”**: questa strategia è caratterizzata dalla presenza di un unico picco di decelerazione, che raggiunge il suo valore massimo in prossimità dell'angolo massimo raggiunto attivamente durante la prova (indicato dalla linea blu tratteggiata). Tale andamento suggerisce una buona capacità di decelerazione a fine del range di movimento. Questa curva rappresenta il grafico di accelerazione/decelerazione.

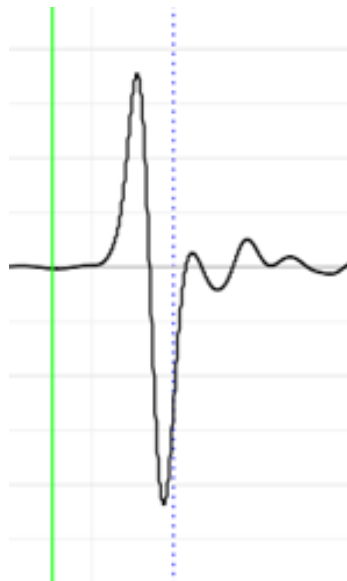


Figura 5 - strategia picco singolo

2. **Strategia “frenata in due tempi”**: in questa strategia, la decelerazione avviene in due fasi distinte, evidenziando una frenata non continua. L'atleta inizia la fase di decelerazione, poi riduce temporaneamente l'intensità della frenata, e infine riprende a decelerare fino al raggiungimento del valore massimo. Anche in questo caso, la curva rappresenta il grafico di accelerazione/decelerazione.



Figura 6 - strategia frenata in due tempi

3. **Strategia “picco piatto”**: questa strategia è evidenziata dalla curva dell’angolo. Si caratterizza per un picco di curva angolare con una sommità piatta, suggerendo un rallentamento temporaneo e una fase di stasi su un determinato angolo. Tale comportamento indica che l’atleta mantiene una posizione stabile per un intervallo di tempo più lungo rispetto alle altre strategie a quel particolare grado di angolo.



Figura 7 - strategia picco piatto

4. **Strategia “prepicco”**: caratterizzata da una decelerazione lineare fino al raggiungimento del valore massimo, che in questo caso non si trova a ridosso dell’angolo massimo raggiunto. Dopo aver raggiunto questo valore, l’atleta riduce temporaneamente l'intensità della frenata per poi riprendere la decelerazione in prossimità del picco massimo dell’angolo raggiunto. Anche questa curva rappresenta il grafico di accelerazione/decelerazione.



Figura 8 - strategia prepicco

5. **Strategia “cattiva qualità”**: questa strategia è stata assegnata quando la curva di decelerazione mostrava un valore significativamente inferiore rispetto a quello di accelerazione. Tale andamento indica una buona forza di accelerazione della catena anteriore (principalmente il muscolo ileopsoas in Askling e quadricipite in MHFAKE) ma una capacità di frenata ridotta nella catena posteriore. Anche in questo caso, la curva rappresenta il grafico di accelerazione/decelerazione.

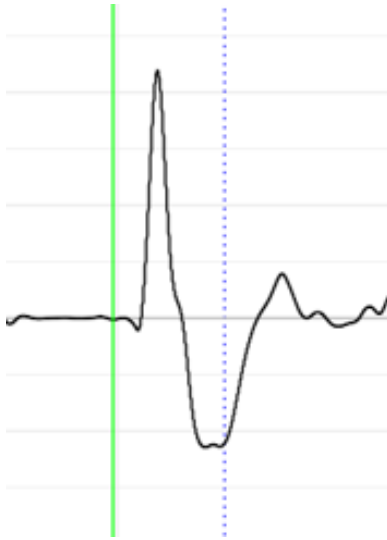


Figura 9 - strategia cattiva qualità

L'individuazione di queste cinque strategie ha permesso di categorizzare in modo sistematico i comportamenti osservati, facilitando un confronto tra le diverse risposte dei partecipanti.

CAPITOLO 4

DISCUSSIONE

Il presente studio ha analizzato la flessibilità dinamica della catena posteriore degli arti inferiori, concentrandosi sulla qualità della curva di accelerazione e decelerazione espressa durante due test (*Askling* e *MHFAKE*), i quali riproducono in parte lo stress a cui vengono sottoposti gli *hamstring* nei movimenti tipici degli sport che richiedono alte velocità e rapidi cambi di direzione, quali il calcio, il rugby e la corsa. I dati utili in questo studio sono stati raccolti tramite l'utilizzo di strumenti avanzati (accelerometro e giroscopio) che hanno offerto una visione più approfondita della biomeccanica degli ischiocrurali, il gruppo muscolare più spesso coinvolto negli infortuni degli atleti di questo genere di sport, fornendo valori obiettivi e misurabili.

L'analisi quantitativa ha prodotto i seguenti risultati:

- **Velocità angolare:** le misurazioni, espresse in gradi al secondo (ang/s), evidenziano che le medie, la mediana e la deviazione standard intraprova risultano complessivamente simili; questo suggerisce una certa coerenza nei dati raccolti tra le due rilevazioni.

Analizzando il coefficiente di variazione intrasoggetto, emerge una buona affidabilità per i picchi di velocità angolare positiva, i quali mostrano una variabilità contenuta tra le prove, confermando così la consistenza dei dati per questa variabile.

Al contrario, per i picchi di velocità angolare negativa, il coefficiente di variazione appare elevato in tutte le prove, indicando una significativa variabilità tra le misurazioni dello stesso soggetto. Questo suggerisce che la velocità angolare negativa sia meno stabile nel tempo, mostrando fluttuazioni rilevanti da una prova all'altra e mettendo in evidenza una minore affidabilità di questa variabile specifica.

- **Accelerazione:** i valori sono espressi in gradi per secondo quadrato (ang/s^2), e si presentano media, mediana e deviazione standard intraprova simili, indicando una certa consistenza tra le misurazioni. Tuttavia, diversamente da quanto osservato per la velocità angolare, sia i picchi positivi che quelli negativi di accelerazione mostrano un'elevata variabilità, con un coefficiente di variazione significativamente superiore a 0,05, dimostrando differenze intrasoggettive significative. Questo risultato suggerisce una variabilità intrinseca più marcata nelle misurazioni dei picchi di accelerazione, sia in senso positivo sia negativo, riducendo così l'affidabilità complessiva di questi dati, e che i partecipanti possano adottare strategie

biomeccaniche individuali diverse per gestire i movimenti di flessione ed estensione, specialmente nelle condizioni dei test ad alta intensità.

- **Timing picco velocità angolare:** anche in questo contesto, i valori di media, mediana e deviazione standard intraprova risultano piuttosto simili, suggerendo una buona consistenza nelle misurazioni. Per quanto riguarda il coefficiente di variazione calcolato sia in funzione dell'angolo che del tempo, si osserva una variabilità intrasoggetto abbastanza elevata, suggerendo una bassa stabilità delle misurazioni tra le prove.
- **Timing picco di accelerazione:** in questo caso, il timing del picco di accelerazione è espresso sia in termini di angolo, ossia come percentuale del ROM passivo al momento in cui si verifica la velocità angolare massima o minima, sia in termini di tempo, che risulta negativo in quanto indica la quantità di tempo (millisecondi) prima del raggiungimento dell'angolo massimo ($\text{tempo_minAccelerazione} - \text{tempo_maxAngolo}$).
I dati mostrano che media, mediana e deviazione standard tra le prove risultano simili, suggerendo una buona consistenza delle misurazioni. Tuttavia, il coefficiente di variazione evidenzia come in tutti i valori presi in considerazione si osserva un'elevata variabilità intrasoggetto, indicativa di una bassa stabilità nei risultati ottenuti.
- **Rapporto tra i picchi di accelerazione:** dai risultati si osserva che la media dei valori relativi all'*Askling* sinistro e al *MHFAKE* destro e sinistro è inferiore a 1, indicando che, nella maggior parte delle prove, i picchi di decelerazione sono superiori a quelli di accelerazione, segnalando così una buona capacità di frenata. Al contrario, per l'*Askling* destro, il valore del rapporto risulta superiore a 1, suggerendo una forza di accelerazione della catena anteriore mediamente più elevata rispetto alla forza di frenata della catena posteriore

L'analisi delle misurazioni ha indicato che il campione selezionato, sebbene di dimensioni relativamente ridotte, rappresenta un insieme valido per dedurre alcune relazioni preliminari. La maggior variabilità nei valori di picco negativo di velocità ed accelerazione rispetto a quelli positivi riflette la grande differenza di modalità di frenata che i soggetti esprimono anche all'interno della stessa prova. Questo dato potrebbe rappresentare un aspetto positivo in funzione di adattabilità di modalità di frenata nelle diverse situazioni che si possono verificare in campo di gioco, ma potrebbe

indicare anche una difficoltà nel mantenere una stabilità biomeccanica durante questa fase in cui la componente muscolare è notoriamente sollecitata e più a rischio di infortunio.

L'analisi qualitativa ha fornito ulteriori spunti rilevanti. La strategia di decelerazione maggiormente adottata dagli atleti è risultata essere quella del “picco singolo”, adottata in 274 su un totale di 465 (58,9%). La seconda strategia più comune è stata quella del “picco piatto”, riscontrata in 81 prove (17,4%), seguita dalla strategia “frenata in due tempi” con 62 prove (13,3%). In quarta posizione si è collocata la strategia “prepicco”, eseguita in 32 prove (6,9%), mentre la meno utilizzata è stata la strategia di “cattiva qualità” con 16 prove (3,5%).

I risultati indicano inoltre che la modalità “picco singolo” ha il rapporto più basso tra massima accelerazione e massima decelerazione, suggerendo che la catena posteriore ha espresso una forza maggiore in relazione a quella anteriore. A seguire, la strategia del “picco piatto” ha mostrato un rapporto basso e indicativo di un buon equilibrio tra le catene muscolari, la strategia della “frenata in due tempi” ha un rapporto intermedio, mentre le strategie “prepicco” e “cattiva qualità” presentano i rapporti più elevati, superiori a 1, indicando che la catena anteriore ha espresso una forza maggiore rispetto a quella posteriore, suggerendo una scarsa forza e qualità della decelerazione.

È stata calcolata, inoltre, la deviazione standard dei rapporti tra massima accelerazione e decelerazione, evidenziando un valore abbastanza alto, indicando molta variabilità dei valori singoli rispetto alla media. (Tabella 16)

Strategia	N°	Media rapporto	Dev. St. rapporto
Picco singolo	274	0,904034746	0,241691673
Picco piatto	81	0,962708535	0,212586778
Frenata in 2 tempi	62	0,983115986	0,443928862
Prepicco	32	1,175855958	0,282420686
Cattiva qualità	16	1,505440502	0,343599294

Anche nei quattro atleti che hanno subito un infortunio agli *hamstring* Tabella 16 - rapporto tra picchi di accelerazione all'interno delle prove

non si osservano variazioni significative nelle strategie utilizzate: anche in questo caso prevale il “picco singolo”, che si riscontra in 33 prove su 50 complessive (20 Askling dx, 20 MHFAKE dx, 5 Askling sx, 5 MHFAKE sx). La strategia “cattiva qualità” compare solo in 3 prove, tutte riferite allo stesso atleta (il quale ha subito il periodo di inattività più lungo di tutti).

Infine, uno dei principali limiti del presente studio riguarda la dimensione ridotta del campione, costituito da soli 24 partecipanti. Tale numero è insufficiente per garantire una robusta significatività statistica dei risultati, limitando quindi la possibilità di generalizzare i dati emersi a una popolazione più ampia. Questo può aver inciso sulla precisione delle stime e sulla stabilità delle misurazioni

rilevate, introducendo un grado di variabilità potenzialmente elevato tra i valori ottenuti. Questa elevata variabilità potrebbe aver influenzato, di conseguenza, la solidità degli intervalli di confidenza calcolati, rendendoli meno affidabili.

Un ulteriore limite emerso nell'analisi riguarda la numerosità ridotta degli atleti che hanno subito un infortunio agli *hamstring*, rendendo difficile trarre conclusioni confrontando gli atleti in salute e quelli con una storia di lesioni passate.

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI

In conclusione, sebbene il campione selezionato non sia statisticamente significativo, condizione che ha contribuito all'elevata variabilità dei dati quantitativi raccolti tramite il sensore inerziale *Gyko Repower*, il presente studio ha comunque raggiunto il suo obiettivo. Sono stati infatti verificati e analizzati i diversi picchi angolari di decelerazione in relazione all'escursione articolare durante l'esecuzione di movimenti dinamici degli arti inferiori, con particolare attenzione a test specifici come *Asking test* e *MHFAKE* dinamico, e sono state individuate le diverse strategie di decelerazione adottate dai partecipanti.

Tra le prospettive di ricerca futura, sarà utile correlare i dati quantitativi con le specifiche strategie di decelerazione adottate dai soggetti, ampliando inoltre il campione per includere un maggior numero di atleti con una storia di infortuni pregressi. Un campione più ampio consentirebbe una maggiore solidità statistica e una minore variabilità, permettendo, inoltre, di approfondire il confronto tra atleti in salute e quelli che hanno subito lesioni, consentendo di trarre conclusioni più solide sulla relazione tra storia di infortuni e strategie motorie.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Hawkins RD, Fuller CW. *A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs*. Br J Sports Med. 1999 Jun
- 2) Patel DR, Yamasaki A, Brown K. *Epidemiology of sports-related musculoskeletal injuries in young athletes in United States*. Transl Pediatr. 2017 Jul
- 3) Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, Hägglund M, McCrory P, Meeuwisse WH. *Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries*. Br J Sports Med. 2006 Mar
- 4) Hägglund M, Waldén M, Bahr R, Ekstrand J. *Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model*. Br J Sports Med. 2005 Jun
- 5) Stanton P, Purdham C. *Hamstring injuries in sprinting - the role of eccentric exercise*. J Orthop Sports Phys Ther. 1989
- 6) Garrett WE Jr, Califf JC, Bassett FH 3rd. *Histochemical correlates of hamstring injuries*. Am J Sports Med. 1984 Mar-Apr;12
- 7) McLennan JG, McLennan JE. *Injury patterns in Scottish heavy athletics*. Am J Sports Med. 1990 Sep-Oct;18
- 8) Bennell KL, Crossley K. *Musculoskeletal injuries in track and field: incidence, distribution and risk factors*. Aust J Sci Med Sport. 1996 Sep
- 9) Orchard J, Seward H. *Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000*. Br J Sports Med. 2002 Feb
- 10) Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A; Football Association Medical Research Programme. *The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries*. Br J Sports Med. 2004 Feb
- 11) Danielsson A, Horvath A, Senorski C, Alentorn-Geli E, Garrett WE, Cugat R, Samuelsson K, Hamrin Senorski E. *The mechanism of hamstring injuries - a systematic review*. BMC Musculoskelet Disord. 2020 Sep 29

- 12) Chu SK, Rho ME. *Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play*. *Curr Sports Med Rep*. 2016 May-Jun;15(3):184-90. doi: 10.1249/JSR.0000000000000264
- 13) Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. *Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings*. *Am J Sports Med*. 2007 Feb;35(2):197-206. doi: 10.1177/0363546506294679
- 14) Kujala UM, Orava S, Järvinen M. *Hamstring injuries. Current trends in treatment and prevention*. *Sports Med*. 1997 Jun;23(6):397-404. doi: 10.2165/00007256-199723060-00005
- 15) Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. *Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union*. *Am J Sports Med*. 2006 Aug;34(8):1297-306. doi: 10.1177/0363546505286022
- 16) Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. *Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer)*. *Am J Sports Med*. 2011 Jun;39(6):1226-32. doi: 10.1177/0363546510395879
- 17) Orchard J, Best TM, Verrall GM. *Return to play following muscle strains*. *Clin J Sport Med*. 2005 Nov;15(6):436-41. doi: 10.1097/01.jsm.0000188206.54984.65
- 18) Brockett CL, Morgan DL, Proske U. *Predicting hamstring strain injury in elite athletes*. *Med Sci Sports Exerc*. 2004 Mar;36(3):379-87. doi: 10.1249/01.mss.0000117165.75832.05
- 19) Schache AG, Dorn TW, Wrigley TV, Brown NA, Pandy MG. *Stretch and activation of the human biarticular hamstrings across a range of running speeds*. *Eur J Appl Physiol*. 2013 Nov;113(11):2813-28. doi: 10.1007/s00421-013-2713-9
- 20) Sherry MA, Best TM. *A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains*. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 Mar;34(3):116-25. doi: 10.2519/jospt.2004.34.3.116
- 21) Yu B, Queen RM, Abbey AN, Liu Y, Moorman CT, Garrett WE. *Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting*. *J Biomech*. 2008 Nov 14;41(15):3121-6. doi: 10.1016/j.jbiomech.2008.09.005

- 22) Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, Young M, Heiderscheit BC. *Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting*. Med Sci Sports Exerc. 2005 Jan;37(1):108-14. doi: 10.1249/01.mss.0000150078.79120.c8
- 23) Brockett CL, Morgan DL, Proske U. *Predicting hamstring strain injury in elite athletes*. Med Sci Sports Exerc. 2004 Mar;36(3):379-87. doi: 10.1249/01.mss.0000117165.75832.05
- 24) Ernlund L, Vieira LA. *Hamstring injuries: update article*. Rev Bras Ortop. 2017 Aug 1;52(4):373-382. doi: 10.1016/j.rboe.2017.05.005
- 25) Connell DA, Schneider-Kolsky ME, Hoving JL, Malara F, Buchbinder R, Koulouris G, Burke F, Bass C. *Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries*. AJR Am J Roentgenol. 2004 Oct;183(4):975-84. doi: 10.2214/ajr.183.4.1830975
- 26) Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, Orchard J, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, Schamasch P, Blottner D, Swaerd L, Goedhart E, Ueblacker P. *Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement*. Br J Sports Med. 2013 Apr;47(6):342-50. doi: 10.1136/bjsports-2012-091448
- 27) Pollock N, James SL, Lee JC, Chakraverty R. *British athletics muscle injury classification: a new grading system*. Br J Sports Med. 2014 Sep;48(18):1347-51. doi: 10.1136/bjsports-2013-093302
- 28) Green B, Bourne MN, van Dyk N, Pizzari T. *Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A 2020 systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport*. Br J Sports Med. 2020 Sep;54(18):1081-1088. doi: 10.1136/bjsports-2019-100983
- 29) Freckleton G, Pizzari T. *Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis*. Br J Sports Med. 2013 Apr;47(6):351-8. doi: 10.1136/bjsports-2011-090664
- 30) Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. *Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study*. Am J Sports Med. 2013 Feb;41(2):327-35. doi: 10.1177/0363546512470634

- 31) Orchard JW. *Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football*. Am J Sports Med. 2001 May-Jun;29(3):300-3. doi: 10.1177/03635465010290030801
- 32) Green B, Pizzari T. *Calf muscle strain injuries in sport: a systematic review of risk factors for injury*. Br J Sports Med. 2017 Aug;51(16):1189-1194. doi: 10.1136/bjsports-2016-097177
- 33) Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. *Architectural adaptations of muscle to training and injury: a narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle and muscle thickness*. Br J Sports Med. 2016 Dec;50(23):1467-1472. doi: 10.1136/bjsports-2015-094881
- 34) Sanfilippo JL, Silder A, Sherry MA, Tuite MJ, Heiderscheit BC. *Hamstring strength and morphology progression after return to sport from injury*. Med Sci Sports Exerc. 2013 Mar;45(3):448-54. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182776eff
- 35) Silder A, Heiderscheit BC, Thelen DG, Enright T, Tuite MJ. *MR observations of long-term musculotendon remodeling following a hamstring strain injury*. Skeletal Radiol. 2008 Dec;37(12):1101-9. doi: 10.1007/s00256-008-0546-0
- 36) Charlton PC, Raysmith B, Wollin M, Rice S, Purdam C, Clark RA, Drew MK. *Knee flexion not hip extension strength is persistently reduced following hamstring strain injury in Australian Football athletes: Implications for Periodic Health Examinations*. J Sci Med Sport. 2018 Oct;21(10):999-1003. doi: 10.1016/j.jsams.2018.03.014
- 37) Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. *Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders*. Am J Sports Med. 2002 Mar-Apr;30(2):199-203. doi: 10.1177/03635465020300020901
- 38) Kraus, H., & Hirschland, R.P. (1954). *Minimum Muscular Fitness Tests in School Children*. Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation, 25, 178-188.
- 39) Corbin, C. B., Dowell, L. J., Lindsey, R., & Tolson, H. (1978). *Concepts in physical education*. Dubuque: Brown.
- 40) G Silveira, Mark Sayers, G Waddington, *Effect of dynamic versus static stretching in the warm-up on hamstring flexibility*, The Sport Journal, Vol.14; 26 2011

- 41) O'Connor S, McCaffrey N, Whyte EF, Fop M, Murphy B, Moran KA. *Is Poor Hamstring Flexibility a Risk Factor for Hamstring Injury in Gaelic Games?* J Sport Rehabil. 2019 Sep 1;28(7):677-681. doi: 10.1123/jsr.2017-0304
- 42) Tokutake G, Kuramochi R, Murata Y, Enoki S, Koto Y, Shimizu T. *The Risk Factors of Hamstring Strain Injury Induced by High-Speed Running.* J Sports Sci Med. 2018 Nov 20;17(4):650-655. PMID: 30479534
- 43) van Doormaal MC, van der Horst N, Backx FJ, Smits DW, Huisstede BM. *No Relationship Between Hamstring Flexibility and Hamstring Injuries in Male Amateur Soccer Players: A Prospective Study.* Am J Sports Med. 2017 Jan;45(1):121-126. doi: 10.1177/0363546516664162
- 44) van Beijsterveldt AM, van de Port IG, Vereijken AJ, Backx FJ. *Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies.* Scand J Med Sci Sports. 2013 Jun;23(3):253-62. doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01487.x
- 45) Freckleton G, Pizzari T. *Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis.* Br J Sports Med. 2013 Apr;47(6):351-8. doi: 10.1136/bjsports-2011-090664
- 46) Gleim GW, McHugh MP. *Flexibility and its effects on sports injury and performance.* Sports Med. 1997 Nov;24(5):289-99. doi: 10.2165/00007256-199724050-00001
- 47) Krivickas LS, Feinberg JH. *Lower extremity injuries in college athletes: relation between ligamentous laxity and lower extremity muscle tightness.* Arch Phys Med Rehabil. 1996 Nov;77(11):1139-43. doi: 10.1016/s0003-9993(96)90137-9
- 48) Bradley PS, Portas MD. *The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer players.* J Strength Cond Res. 2007 Nov;21(4):1155-9. doi: 10.1519/R-20416.1
- 49) Mizutani Y, Taketomi S, Kawaguchi K, Takei S, Yamagami R, Kono K, Kage T, Sameshima S, Inui H, Fujiwara S, Tanaka S, Ogata T. *Risk factors for hamstring strain injury in male college American football players -a preliminary prospective cohort study.* BMC Musculoskelet Disord. 2023 Jun 2;24(1):448. doi: 10.1186/s12891-023-06565-w

- 50) Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. *Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study.* Am J Sports Med. 2003 Jan-Feb;31(1):41-6. doi: 10.1177/03635465030310011801
- 51) Henderson G, Barnes CA, Portas MD. *Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players.* J Sci Med Sport. 2010 Jul;13(4):397-402. doi: 10.1016/j.jsams.2009.08.003
- 52) Thorborg K. *What are the most important risk factors for hamstring muscle injury?* Clin J Sport Med. 2014 Mar;24(2):160-1. doi: 10.1097/JSM.0000000000000091
- 53) Enrique Navarro, David Chorro, Gonzalo Torres, Carlos García, ArchitNavandar ,Santiago Veiga *A Review Of Risk Factors For Hamstringinjury In Soccer: A Biomechanical Approach* European Journal Of Human Movement, 2015: 34, 52-74
- 54) Hamid MS, Ali MR, Yusof A. *Interrater and Intrarater Reliability of the Active Knee Extension (AKE) Test among Healthy Adults.* J Phys Ther Sci. 2013 Aug;25(8):957-61. doi: 10.1589/jpts.25.957
- 55) Askling CM, Nilsson J, Thorstensson A. *A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury.* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010 Dec;18(12):1798-803. doi: 10.1007/s00167-010-1265-3
- 56) Neto T, Jacobsohn L, Carita AI, Oliveira R. *Reliability of the Active-Knee-Extension and Straight-Leg-Raise Tests in Subjects With Flexibility Deficits.* J Sport Rehabil. 2015 Dec 3;24(4):2014-0220. doi: 10.1123/jsr.2014-0220
- 57) Liu H, Shen Y, Xiong Y, Zhou H, Mao Y, Shen Q, Hong W, Liu M, Liu Y, Qiu L, Zhang Z, Jia Y. *Psychometric Properties of Four Common Clinical Tests for Assessing Hamstring Flexibility in Young Adults.* Front Physiol. 2022 Jun 15;13:911240. doi: 10.3389/fphys.2022.911240
- 58) Shiroma EJ, Schrack JA, Harris TB. *Accelerating Accelerometer Research in Aging.* J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2018 Apr 17;73(5):619-621. doi: 10.1093/gerona/gly033
- 59) Passaro VMN, Cuccovillo A, Vaiani L, Carlo M, Campanella CE. *Gyroscope Technology and Applications: A Review in the Industrial Perspective.* Sensors (Basel). 2017 Oct 7

60) Weiss, G.M., Yoneda, K., & Hayajneh, T. (2019). *Smartphone and Smartwatch-Based Biometrics Using Activities of Daily Living*. *IEEE Access*, 7, 133190-133202.

ALLEGATI

Valutazione flessibilità Hamstring

Buongiorno, sono Alberto Gionchetti, studente del 3° anno al CdL in Fisioterapia presso l'università di Padova.

Le seguenti domande fanno parte di una breve valutazione che è parte integrante del mio progetto di tesi sulla flessibilità degli hamstring e sono necessarie per raccogliere dei dati preliminari che verranno analizzato poi dopo l'esecuzione dei test funzionali previsti.

Grazie per partecipare a questo sondaggio, le tue risposte ci aiuteranno a comprendere meglio qual è il ruolo della flessibilità dinamica rispetto al rischio infortunio degli hamstring.

Grazie,

Alberto

* Indica una domanda obbligatoria

Prima di procedere con la valutazione, vorrei richiedere il tuo consenso per trattare in modo anonimo le informazioni che fornirai. Ti assicuro che i dati saranno utilizzati esclusivamente a fini di ricerca e saranno trattati nel pieno rispetto della tua privacy.

Acconsenti al trattamento anonimo dei dati raccolti per questa ricerca?

Il trattamento dei dati personali sarà effettuato in conformità al D.Lgs. 2018/101 e al GDPR (Regolamento UE 2016/679) *Contrassegna solo un ovale.*

Sì

No

DATI ANAMNESTICI E SPORTIVI

1. Nome e Cognome *

2. Età *

3. Sesso *

Contrassegna solo un ovale.

Uomo

Donna

4. Altezza (cm) *

5. Peso (kg) *

6. Sport praticato *

7. Da quanto tempo pratici questo sport? *

8. Per quante ore settimanali pratici lo sport? *

INFORTUNIO HAMSTRING

10. Hai mai subito un infortunio muscolare agli ischiocrurali (flessori di ginocchio) in passato?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì
- No

11. Se Sì, quante volte?

Contrassegna solo un ovale.

- 1
- 2
- 3
- Più di 3

12. Se Sì, a quando risale l'ultimo infortunio?

Contrassegna solo un ovale.

- Meno di 3 mesi fa
- Dai 3 ai 6 mesi fa
- Più di 6 mesi fa

13. Se Sì, quale arto inferiore è stato colpito dall'infortunio?

Contrassegna solo un ovale.

- Destro
- Sinistro
- Entrambi

14. Se Sì, per quanti giorni non hai praticato attività sportiva? (riferito all'ultimo episodio subito)

15. Se SI, con che modalità hai avuto la diagnosi?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- Diagnosi funzionale (Valutazione da parte di un fisioterapista o di un'altra figura professionale)
- Imaging (Ecografia, Risonanza Magnetica, etc.) Altro:
- _____

16. Se SI, hai eseguito riabilitazione per l'infortunio subito?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- No
- Riposo
- Terapia manuale
- Esercizio terapeutico
- Terapie fisiche (Tecar, Laser, Magnetoterapia, etc.) Altro:
- _____

ALTRI TIPI DI INFORTUNIO

17. Hai subito altri tipi di infortuni agli arti inferiori? *

Contrassegna solo un ovale.

- Sì
- No

18. Se SI, che tipo di infortunio?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- Infortunio muscolare al quadricipite
- Infortunio muscolare agli adduttori
- Infortunio muscolare al tricipite surale (polpaccio)
- Lesione legamento crociato anteriore
- Distorsione ginocchio
- Distorsione caviglia Altro:
- _____

19. Se SI, a quando risale l'ultimo infortunio?

Contrassegna solo un ovale.

- Meno di 3 mesi fa
- Dai 3 ai 6 mesi fa
- Più di 6 mesi fa

20. Se SI, è avvenuto nella stessa gamba dell'infortunio agli ischiocrurali? (Solo se hai subito questo tipo di infortunio) *Contrassegna solo un ovale.*

- Sì
- No

21. Se SI, per quanti giorni non hai praticato attività sportiva? (riferito all'ultimo episodio subito o all'episodio più grave subito)

22. Se SI, con che modalità hai avuto la diagnosi?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- Diagnosi funzionale (Valutazione da parte di un fisioterapista o di un'altra figura professionale)
- Imaging (Ecografia, Risonanza Magnetica, etc.)

23. Se SI, hai eseguito riabilitazione per l'infortunio subito?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- No
 - Riposo
 - Terapia manuale
 - Esercizio terapeutico
 - Terapie sicche (Tecar, Laser, Magneto terapia, etc.)
-