

*Non è nelle stelle che è
conservato il nostro destino, ma
in noi stessi: uomini forti destini
forti, uomini deboli destini deboli:
non c'è altra strada.*

Indice

| | |
|--|----|
| 1. Introduzione | 3 |
| 1.1 Dichiarazione d'intenti..... | 3 |
| 1.2 Obiettivo della tesi | 3 |
| 2. Anatomia, fisiologia e biomeccanica della muscolatura | 4 |
| 2.1 Struttura anatomica dei muscoli scheletrici | 4 |
| 2.2 Contrazione muscolare..... | 7 |
| 2.3 Tipi di fibre | 9 |
| 2.4 Biomeccanica degli arti inferiori..... | 10 |
| 2.5 Biomeccanica dei muscoli ischio crurali..... | 12 |
| 3. Classificazione delle lesioni | 13 |
| 3.1 Lesioni muscolari acute..... | 13 |
| 3.2 Gradi di lesioni acute indirette | 14 |
| 3.3 Altri tipi di lesioni | 16 |
| 4. Lesioni nei calciatori | 16 |
| 4.1 Cause delle lesioni nel calcio | 16 |
| 4.2 Epidemiologia delle lesioni muscolari nel calcio..... | 18 |
| 4.3 Fattori di rischio | 21 |
| 5. Biomeccanica del gesto atletico nel calciatore | 22 |
| 5.1 Fase di corsa e sprint | 22 |
| 5.2 Fase di tiro al pallone nel calcio..... | 24 |
| 5.3 Esercizi/trattamenti riabilitativi..... | 26 |
| 6. Parte sperimentale: Studi scientifici sulla prevenzione delle lesioni agli ischiocrurali e studi scientifici sul trattamento post-infortunio | 31 |
| 6.1 Introduzione | 31 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.2 | Descrizione dello studio | 32 |
| 6.3 | Metodologia utilizzata..... | 32 |
| 6.4 | Selezione degli studi | 34 |
| 6.5 | Descrizione degli studi..... | 39 |
| 6.5.1 | Studi sulla prevenzione..... | 39 |
| 6.5.2 | Studi sul trattamento | 52 |
| 7. | Risultati | 64 |
| 7.1 | Risultati studi sulla prevenzione | 64 |
| 7.2 | Analisi degli studi sulla prevenzione | 66 |
| 7.3 | Risultati sul trattamento | 69 |
| 7.4 | Analisi degli studi sul trattamento..... | 71 |
| 8. | Conclusioni | 73 |
| 9. | Bibliografia e Sitografia | 74 |

1. Introduzione

1.1 Dichiarazione d'intenti

La scelta dell'argomento di Tesi è data dalla mia passione verso lo sport e soprattutto verso il calcio. Da atleta mi sono appassionato al mondo della Fisioterapia poiché mi piaceva osservare i trattamenti e le tecniche utilizzate dal Fisioterapista a disposizione della squadra ed è il motivo che mi ha portato a scegliere questo percorso universitario. Essendo appassionato di calcio, ho scelto di focalizzare la mia Tesi proprio su questo sport, noto per essere particolarmente soggetto a infortuni in Italia. È interessante notare che nel calcio si infortunano approssimativamente 8 persone ogni 1000 ore di pratica sportiva, conferendo a questo sport uno dei più elevati tassi di infortuni.

La scelta dell'argomento ricade sui muscoli flessori della coscia in quanto si tratta di una delle sedi maggiormente colpite da infortuni nei calciatori ed è un'esperienza che io stesso ho vissuto, con una lesione di I grado al bicipite femorale.

La prevenzione delle lesioni muscolari riveste un ruolo di fondamentale importanza nell'ambito sportivo e, nel contesto calcistico, i dati dimostrano che gli infortuni sono un problema frequente all'interno di tutte le società sportive.

Nel corso dei miei studi ho acquisito diverse conoscenze riguardanti le lesioni muscolari e il mio obiettivo è quello di approfondire ulteriormente questo argomento al fine di sviluppare un lavoro scritto che mi permetta di ampliare le mie competenze nella prevenzione e nel trattamento degli infortuni.

1.2 Obiettivo della tesi

L'obiettivo della tesi è quello di trovare in letteratura scientifica, studi che riferiscano sulle cause che più frequentemente provocano una lesione ai muscoli flessori della coscia nei calciatori e in tal modo capire quali mezzi, strumenti e vengono applicati per prevenire questi tipi di infortuni. Allo stesso modo, altro importante obiettivo è quello di proporre un protocollo ideale da seguire in caso di manifestazione di questo evento per garantire una pronta guarigione nel minor tempo possibile e un adeguato ritorno all'attività sportiva calcistica.

2. Anatomia, fisiologia e biomeccanica della muscolatura

2.1 Struttura anatomica dei muscoli scheletrici

I muscoli scheletrici sono comunemente noti come muscoli volontari poiché controllabili a piacimento, tuttavia, possono anche svolgere alcune azioni automatiche.

Essi sono caratterizzati dalla presenza di striature visibili al microscopio ottico, il che conferisce loro la denominazione di muscoli striati.

Il muscolo scheletrico è composto da una porzione carnosa e rossa chiamata "ventre muscolare" o "corpo". Alle estremità del ventre muscolare si trovano dei tendini di colore biancastro, composti principalmente da fasci di collagene, che non possono contrarsi. I tendini svolgono un ruolo fondamentale come punti di inserzione, collegandosi direttamente o indirettamente a ossa, cartilagini, legamenti o fasce.

Alcuni tendini si ancorano anche a organi come il bulbo oculare, la cute (muscoli cutanei e mimici) e la tonaca mucosa (muscoli intrinseci della lingua). I muscoli sono essenziali per il movimento, poiché attraversano una o più articolazioni.

Durante la contrazione di un muscolo, solitamente una delle sue inserzioni rimane stabile (punto fisso), mentre l'altra si sposta (punto mobile) avvicinandosi al punto fisso, che rimane immobile. L'origine di un muscolo si riferisce al punto fisso di inserzione, mentre per inserzione si intende il punto di attacco che determina il movimento. Tuttavia, in alcune circostanze è possibile invertire il punto fisso del muscolo.

Inoltre, forniscono sostegno al corpo, contribuiscono alla sua forma e generano calore durante la termogenesi [1].

Il tessuto connettivo che forma il tendine, chiamato "epimisio", è continuo con quello che circonda il corpo del muscolo. All'interno del muscolo, vi è un altro tessuto connettivo chiamato "perimisio", che divide il muscolo in fasci detti "fascicoli". Questi fascicoli sono formati da singole cellule muscolari e ciascuno di essi contiene centinaia o migliaia di fibre muscolari.

Ogni fibra muscolare possiede diversi nuclei, poiché si sviluppano dalla fusione di più cellule durante la fase embrionale. I nuclei sono posizionati immediatamente sotto la membrana plasmatica della fibra, chiamata "sarcolemma".

All'interno del sarcolemma è presente anche la "mioglobina", una proteina che facilita il legame tra le molecole di ossigeno e la loro diffusione all'interno di tutte le componenti muscolari. L'ossigeno è fondamentale per i mitocondri poiché aiuta a sintetizzare l'ATP. All'interno della fibra muscolare si trova un citoplasma semifluido chiamato "sarcoplasma", contenente mitocondri e numerosi elementi a forma bastoncellare con striature chiamati "miofibrille". Le miofibrille contengono l'apparato contrattile della fibra muscolare e sono costituite da un fascio di filamenti sottili e spessi sovrapposti reciprocamente. Questi filamenti sono composti rispettivamente dalle proteine actina e miosina [figura 1].

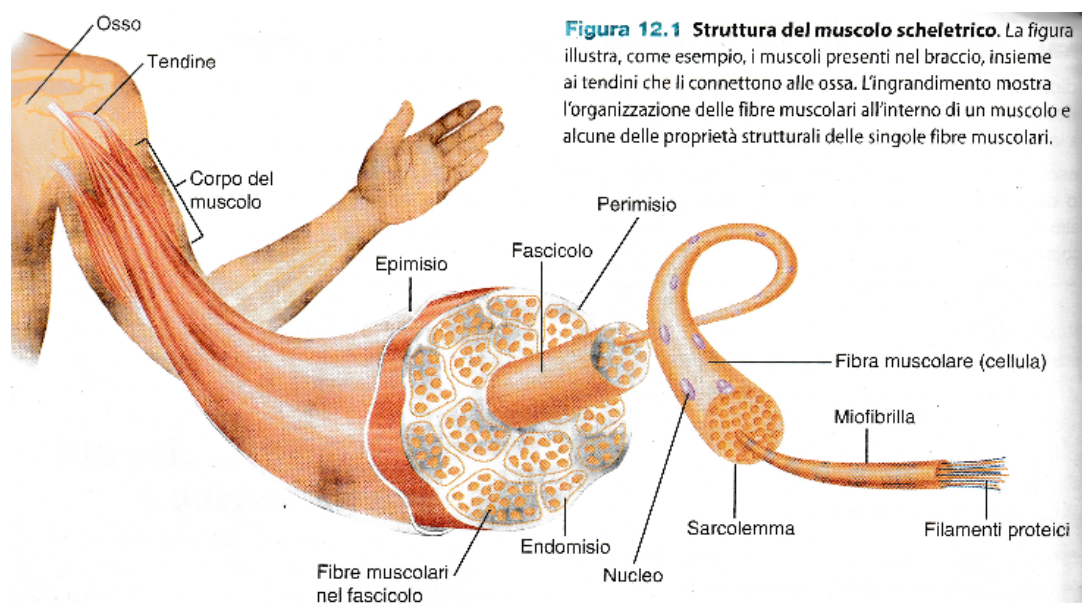


Figura 1. Stanfield, 2017.

Ogni miofibrilla è circondata da una rete di membrane chiamata "reticolo sarcoplasmatico" (RS), che immagazzina ioni calcio (Ca^{2+}). Questo ione svolge un ruolo cruciale come messaggero chimico per la contrazione muscolare. Gli ioni calcio vengono rilasciati in risposta a segnali elettrici che si propagano dal sarcolemma ai tubuli T, consentendo di trasmettere i segnali alle miofibrille e permettendo alla cellula muscolare di rispondere agli stimoli nervosi scatenando la contrazione.

La proporzione tra i filamenti spessi e sottili è di 2:1, e le miofibrille sono organizzate in unità ripetute chiamate "sarcomeri" che si susseguono numerose volte.

Tra ogni sarcomero ci sono delle sottili regioni laminari, formate da materiale proteico, che vengono chiamate Dischi Z.

La sovrapposizione dei miofilamenti dipende dallo stato del muscolo: contratto, rilasciato e allungato. La loro sovrapposizione permette di osservare delle striature in ogni miofibrilla, questo è dato dalla composizione in serie di zone e di bande.

La regione posta al centro prende il nome di Banda A, essa risulta essere più scura del sarcomero e si propaga per tutto il filamento spesso. All'estremità della Banda A si possono notare degli inspessimenti, nelle quali il filamento spesso e quello fine sono sovrapposti. Nelle due parti più laterali vi è la Banda I, che risulta più chiara, poiché non è presente una sovrapposizione ed è formata da soli filamenti sottili.

La zona H è posta al centro della Banda A, e contiene solo filamenti spessi, che creano la Linea M al centro del sarcomero. [2]

Il muscolo scheletrico è composto da filamenti sottili e filamenti spessi [figura 2], i filamenti sottili sono costituiti da monomeri di actina G, che si legano reciprocamente per formare strutture filamentose chiamate actina F (questa capacità di legarsi è essenziale per generare la forza muscolare).

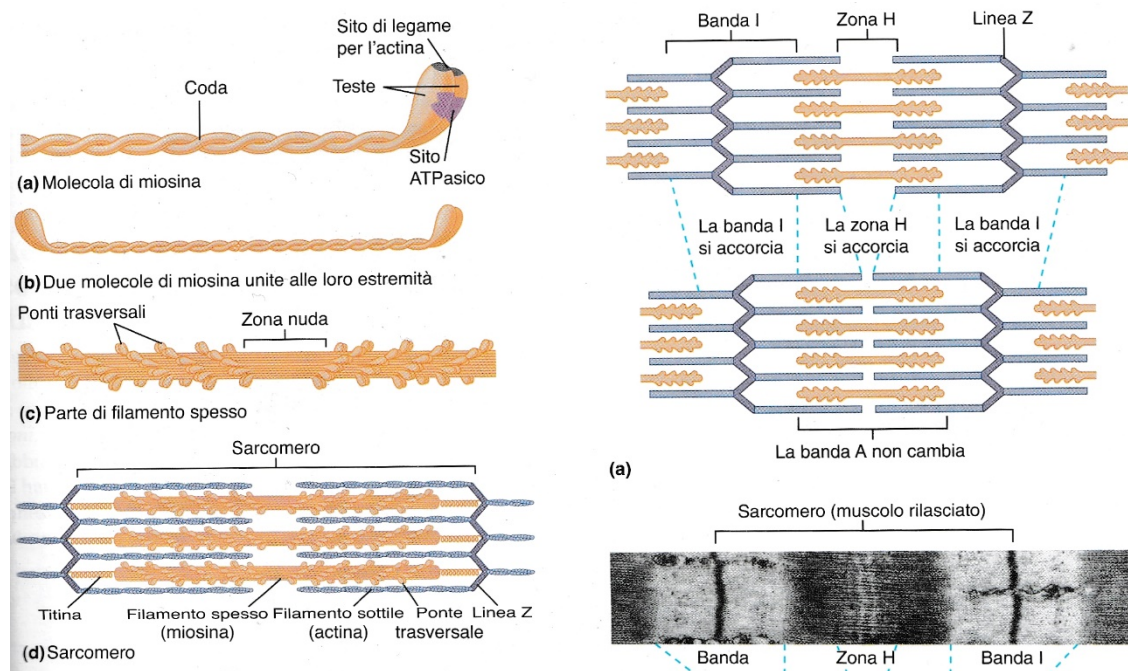


Figura 2. Stanfield, 2017.

Sulle actine F sono presenti proteine regolatrici chiamate tropomiosina e troponina.

La tropomiosina blocca i siti di legame della miosina quando il muscolo è a riposo, mentre il legame del calcio alla troponina durante la contrazione muscolare sposta lateralmente la tropomiosina, esponendo i siti di legame per la miosina sulle actine.

I filamenti spessi sono formati da molecole di miosina, ciascuna costituita da due subunità attorcigliate tra loro: una testa ingrossata e una coda.

Le teste di miosina sono chiamate "ponti trasversali" e sono fondamentali per la generazione della forza contrattile. Le teste si legano ai monomeri di actina dei filamenti sottili e idrolizzano l'ATP per generare forza meccanica.

All'interno del filamento spesso, le molecole di miosina si fissano tra loro tramite le code e le teste si estendono in modo ordinato con un andamento ad elica.

La testa è la parte che genera attivamente la forza del muscolo, legandosi all'actina e svolgendo attività enzimatica per l'idrolisi dell'ATP.

Un'altra proteina importante associata ai filamenti spessi è la titina, che è estremamente elastica e mantiene i filamenti spessi nella posizione corretta rispetto a quelli sottili. La titina si allunga quando il muscolo viene stirato e agisce come una molla che resiste all'allungamento. Quando cessa lo stiramento, la titina riporta i filamenti spessi alla loro posizione iniziale, consentendo ai sarcomeri (unità contrattili dei muscoli) di accorciarsi e al muscolo di ritornare alla sua lunghezza originale.

Un'altra funzione importante dei muscoli è quella di favorire la circolazione della linfa e del sangue venoso, soprattutto quando questi fluidi devono lottare contro la forza di gravità, ad esempio nel caso del ritorno venoso degli arti inferiori verso il cuore.

2.2 Contrazione muscolare

I fisiologi, quando scoprirono per la prima volta la presenza dell'actina e della miosina, pensarono che la contrazione muscolare fosse causata dal loro accorciamento, ma, grazie allo sviluppo della microscopia, scoprirono che la lunghezza delle bande A rimaneva invariata, mentre le bande I e le zone H diventavano più corte [figura 2] e dato che la banda A si estende per tutta la lunghezza dei filamenti spessi, ciò significa che la lunghezza dei filamenti spessi non cambia. Per questo motivo si dedusse che i filamenti sottili scorrono lungo quelli spessi dando origine alla contrazione muscolare.

La contrazione muscolare si realizza attraverso una serie di fasi distinte. Inizialmente, un neurone motorio somatico libera una sostanza chiamata acetilcolina (ACh) sulla placca neuromotoria. Successivamente, l'ingresso di ioni sodio attraverso il recettore dell'ACh provoca il potenziale d'azione muscolare. Questo segnale raggiunge i tubuli-T, modificando la conformazione del recettore diidropiridina (DHP), il quale a sua volta apre i canali del calcio presenti nel reticolo sarcoplasmatico, rilasciandoli.

A questo punto, gli ioni calcio si legano alla troponina, una proteina regolatrice, permettendo il legame tra actina e miosina e dando luogo alla contrazione muscolare.

Il meccanismo che porta alla contrazione prende il nome di *ciclo dei ponti trasversali*, basato sull'energia che deriva dall'idrolisi dell'ATP. A questa attività è accoppiata l'alternanza ciclica tra fissaggio e distacco dei ponti trasversali ai filamenti sottili, che fa sì che il movimento tiri i filamenti sottili verso il centro del sarcomero.

Il movimento oscillatorio dei ponti trasversi è causato dalla modifica della struttura della miosina, che a sua volta non solo sposta le teste dei ponti trasversi, ma modifica anche la capacità delle teste di miosina di legarsi ai monomeri di actina e l'energia contenuta nelle molecole di miosina.

In ogni ciclo dei ponti trasversali si possono individuare cinque fasi:

1) *Aggancio della miosina all'actina*

La miosina è nella sua forma ad alta energia (ADP e Pi sono legati al sito ATPasico della testa della miosina) e si lega al monomero di actina per via dell'alta affinità.

2) *Colpo di forza*

Il legame determina il rilascio di Pi dal sito ATPasico e la testa della miosina ruota verso il centro del sarcomero, tirando con sé il filamento sottile.

3) *Stato di rigor*

L'ADP si stacca dalla testa della miosina e quest'ultima passa nello stato a bassa energia. In questo stato actina e miosina sono strettamente legate, questa condizione viene chiamata rigor.

4) *Distacco della miosina dall'actina*

Una nuova molecola di ATP si lega al sito ATPasico provocando una variazione della conformazione della testa, che determina una diminuzione dell'affinità provocando il distacco.

5) *Energizzazione della testa della miosina*

Subito dopo che si è fissato al sito ATPasico, la molecola di ATP viene trasformata in ADP e Pi con rilascio di energia. Parte di questa energia è immagazzinata nella miosina che raggiunge la conformazione ad alta energia e il ciclo riparte dalla fase 1. [2]

2.3 Tipi di fibre

Esistono tre tipi differenti di fibre muscolari e, sebbene siano sostanzialmente simili per quanto riguarda i meccanismi di eccitazione-contrazione e di generazione della forza, esistono significative differenze tra le varie fibre per quanto riguarda la loro velocità di contrazione e le vie metaboliche preferenzialmente utilizzate per la produzione di ATP.

È importante ricordarsi che quando si utilizza un certo numero di muscoli per una qualsiasi attività, la loro contrazione varia in termini di forza e di durata, ma quando una cellula muscolare si contrae la forza aumenta rapidamente sempre fino ad un valore massimo per poi scendere a zero altrettanto rapidamente e la contrazione delle singole fibre è sempre completa. [2]

Tutte le contrazioni muscolari hanno in comune questa caratteristica, che risponde alla cosiddetta “legge del tutto o del nulla”.

I muscoli sono costituiti da popolazioni di fibre diverse, che sono:

- Fibre lente ossidative (rosse)
Conosciute come fibre di tipo I e sono a contrazione lenta
- Fibre rapide ossidative (rosse)
Conosciute come fibre di tipo IIA o anche fibre ossidative-glicolitiche, sono fibre miste a contrazione rapida
- Fibre glicolitiche (bianche)
Conosciute come fibre di tipo IIB e sono a contrazione rapida

Le principali differenze tra le tipologie di fibre sono date dal tipo di miosina, dal meccanismo di produzione di ATP e dalla presenza della mioglobina.

Esistono, infatti, la miosina rapida e la miosina lenta, con la prima che impiega meno tempo a idrolizzare ATP durante il ciclo dei ponti trasversali e quindi più veloce nella contrazione.

L'altra differenza è data dal metabolismo che queste fibre hanno, difatti possono essere suddivise in due categorie: fibre glicolitiche e fibre ossidative.

Le fibre glicolitiche possiedono un'elevata concentrazione di enzimi glicolitici che consentono una più rapida produzione di ATP attraverso la via glicolitica, mentre le fibre ossidative posseggono più mitocondri che hanno un'elevata capacità di produrre ATP tramite fosforilazione.

Infine, un'altra differenza è data dalla presenza della mioglobina nelle fibre ossidative che le conferisce il tipico colorito rossastro, questo perché la mioglobina trasporta i globuli rossi, mioglobina che manca nelle fibre glicolitiche che per questo motivo sono di colore biancastro. [2]

Le fibre di tipo I sono resistenti alla fatica e capaci di sviluppare una forza costante nel tempo grazie al metabolismo ossidativo e alla loro ricca vascolarizzazione. Queste fibre hanno molti mitocondri e mioglobina, e vengono attivate per mantenere la postura o per attività di lunga resistenza aerobica come la corsa a lunga distanza.

Le fibre di tipo IIB generano una forza esplosiva e potente ma di breve durata. Hanno pochi mitocondri e utilizzano riserve di glicogeno per produrre rapidamente ATP tramite glicolisi. Sono coinvolte in attività ad alta intensità come gli sprint o sollevamento pesi.

Le fibre di tipo IIA, dette anche fibre "miste", si collocano a metà strada tra le fibre di tipo I e IIB. Possono generare una maggiore potenza rispetto alle fibre di tipo I ma meno delle IIB. La loro contrazione può persistere per alcuni minuti poiché ottengono energia sia dalla glicolisi che dalla respirazione aerobica. Sono coinvolte in attività come la deambulazione. [2]

2.4 Biomeccanica degli arti inferiori

Per estremità inferiore si intende la parte del corpo che va dall'anca alle dita dei piedi, comprende le articolazioni dell'anca, del ginocchio e della caviglia e le ossa della coscia, della gamba e del piede.

L'articolazione della caviglia, composta da tibia, perone e astragalo, possiede un'escursione di 20-30° per quanto riguarda la flessione dorsale e 30-50° per la flessione plantare.

I muscoli principali sono: soleo, gastrocnemio (che partecipano alla flessione plantare), tibiale posteriore (flessione plantare e inversione), tibiale anteriore (flessione dorsale) e peroniero lungo e breve (eversione).

Durante il cammino, nella fase di risposta al carico, si osserva una flessione plantare di 5-10° con l'attivazione del tibiale anteriore, a contatto con il terreno inizia la dorsiflessione con l'avanzamento della gamba. Soleo e gastrocnemio sia attivano per ridurre la velocità di rotazione della caviglia. [3]

Il carico poi si sposta sulle dita con il proseguimento della dorsiflessione della caviglia (5°), con soleo e gastrocnemio che sono ancora attivi per la stabilizzazione.

All'inizio della fase di doppio appoggio, grazie all'attività del soleo e del gastrocnemio che generano la flessione plantare (20°), il calcagno si solleva rapidamente fino al sollevamento del piede. Infine, l'arto avanza e la caviglia si dorsiflette fino a riportarsi in posizione neutra grazie all'attivazione del tibiale anteriore. [3]

Per quanto riguarda l'articolazione del ginocchio, essa è composta da femore, tibia e patella, e possiede un range di movimento di flesso-estensione di 135° e di ab-adduzione e di rotazione interna ed esterna di circa 8° ciascuna. I muscoli principali sono quadricipite, bicipite femorale, semimembranoso, semitendinoso e gastrocnemio.

Sempre durante il cammino, al contatto iniziale, il ginocchio risulta leggermente flesso ed avviene un'ulteriore flessione fino a 10° grazie al lavoro del quadricipite. Durante l'appoggio intermedio, il ginocchio si estende gradualmente grazie all'attivazione concentrica del quadricipite. [3]

Alla fine dell'appoggio terminale inizia la flessione data dalla contrazione degli ischiocrurali e aumenta rapidamente durante il doppio appoggio per poi continuare durante l'oscillazione iniziale. Infine, il ginocchio torna ad estendersi completamente durante la fase finale dell'oscillazione. [3]

L'articolazione dell'anca, composta da bacino e femore, permette movimenti quali flesso-estensione (120°-20°), ab-adduzione (45°-30°) ed intra-extrarotazione (30°-60°).

L'anca, durante il cammino, nella fase di appoggio a terra, si estende completamente (15-20°) per consentire l'avanzamento dell'arto opposto. Durante la pre-oscillazione il retto femorale e l'adduttore lungo si attivano per permettere il ritorno dell'arto alla posizione neutra (0°), mentre nella fase di oscillazione è l'ileopsoas a lavorare fino alla flessione d'anca di 30° con l'intervento degli estensori per frenare l'arto prima dell'appoggio. [3]

2.5 Biomeccanica dei muscoli ischio crurali

I muscoli ischiocrurali rivestono un ruolo cruciale nella flessione del ginocchio, contribuendo alla stabilità e al controllo dei movimenti dell'arto inferiore. L'articolazione del ginocchio, come precedentemente menzionato, permette tre tipologie di movimento: la flessione ed estensione, l'ab-adduzione e la rotazione interna ed esterna, questa ultima possibile solamente quando il ginocchio è flesso [3].

La flessione del ginocchio avviene nel piano sagittale attorno a un asse trasversale. L'ampiezza di flessione lungo tale piano varia da circa 0° a 135° . Ogni grado di flessione coinvolge diverse fibre muscolari dei muscoli ischiocrurali, che si trovano in uno stato di tensione o di rilassamento.

Durante la flessione del ginocchio, i muscoli coinvolti includono il capo lungo del bicipite femorale, il semitendinoso e il semimembranoso. Questi si contraggono concentricamente per avvicinare la gamba alla coscia, se siamo in catena cinetica aperta, oppure per avvicinare la coscia alla gamba, quando ci troviamo in catena cinetica chiusa. Nel contesto di attività come il cammino, la corsa e lo sprint, gli ischiocrurali si attivano per favorire la flessione del ginocchio e frenare l'estensione che si verifica prima dell'atterraggio. In particolare, il bicipite femorale, quando si contrae, causa anche una rotazione esterna della tibia e piega questa rispetto al femore.

Durante la fase di oscillazione del cammino, questi stessi muscoli si attivano in modo eccentrico per rallentare il movimento in avanti dell'arto oscillante.

Sempre durante la fase di oscillazione nel cammino, la combinazione di flessione ed estensione del ginocchio e la rotazione della tibia consentono al piede di orientarsi nello spazio, agevolando sollevamento delle dita dal terreno.

È da sottolineare che i muscoli ischiocrurali rivestono un ruolo fondamentale in molteplici attività quotidiane oltre che camminare. Ad esempio, alzare oggetti da terra, sedersi su una sedia, salire e scendere le scale e vestirsi richiedono una flessione del ginocchio di circa 120° . Questi movimenti consentono all'arto inferiore di accorciarsi e al corpo di avvicinarsi al suolo quando il piede è appoggiato.

3. Classificazione delle lesioni

Ci sono tre tipi di lesioni ai muscoli: acute, subacute e croniche. Queste lesioni possono essere causate da un trauma diretto o indiretto. Nelle forme acute e croniche, possono verificarsi lesioni che coinvolgono la fascia muscolare, che vengono indicate come "Related to fascia" nella tabella. Questi casi riguardano principalmente sindromi (nelle lesioni acute) e/o problemi legati alle erniazioni muscolari (nelle lesioni croniche). Tutti questi dettagli sono riportati nella [tabella 1].

| Presentation | Trauma Mechanism | Injury |
|----------------------|-------------------|---|
| Acute | Indirect | Myotendinous junction (MTJ) strain |
| | Direct | Contusion with acute hemorrhage Laceration |
| | Related to fascia | Acute compartment syndrome |
| Delayed/ subacute | Indirect | Delayed-onset muscle soreness (DOMS) |
| | Direct | Subacute hematoma |
| Chronic | Indirect | Disordered healing with fibrosis/atrophy |
| | Direct | Chronic hematoma Myositis ossificans |
| | Related to fascia | Chronic exertional compartment syndrome (CECS) Muscle hernia |

Tabella 1. Flores D.V., et al., 2017.

3.1 Lesioni muscolari acute

Le lesioni muscolari acute sono la principale causa di infortuni nello sport. Questa categoria comprende strappi, lacerazioni e contusioni.

La maggior parte di queste lesioni (oltre il 90%) che coinvolgono i muscoli scheletrici, sono causate da uno sforzo eccessivo del muscolo, noto come "strain injuries" (danni indiretti) o da contusioni (danni diretti al tessuto muscolare).

Il trauma indiretto spesso provoca una distrazione muscolare e si verifica quando viene applicata una forza di trazione eccessiva, causando un allungamento eccessivo del muscolo. Questo tipo di lesioni, chiamate "muscle strain" (distorsioni muscolari), sono comuni negli sport che richiedono velocità e potenza, come calcio, football americano, rugby e atletica leggera.

Le lesioni da sforzo si verificano frequentemente vicino alla giunzione tra il muscolo e il tendine, soprattutto nei muscoli superficiali che agiscono su due articolazioni. Questi muscoli includono il retto femorale, gli ischio crurali e il gastrocnemio [4].

3.2 Gradi di lesioni acute indirette

Per quanto riguarda la categorizzazione delle lesioni muscolari, non esiste un'unica classificazione di riferimento accettata universalmente. Pertanto, è stata selezionata una classificazione che valuta la lesione muscolare in base alla risonanza magnetica, è stata sviluppata nel 2014 ed è la British Athletics Muscle Injury Classification.

La classificazione degli infortuni muscolari si suddivide in diversi gradi, valutati mediante risonanza magnetica (RM), e viene ulteriormente categorizzata in tre gruppi (a, b, c) in base alla localizzazione e all'estensione dell'infortunio.

La sottocategoria "a" indica un infortunio a livello del tessuto muscolare e fasciale, la sottocategoria "b" indica un infortunio localizzato nella giunzione tra il muscolo e il tendine, infine la sottocategoria "c" indica un infortunio nelle vicinanze del tendine [5].

La differenza tra i gradi da zero a quattro riguarda l'estensione e la gravità dell'infortunio, con il grado zero che indica assenza di lesione e il quattro che indica una lesione grave.

Questo tipo di classificazione permette una categorizzazione delle lesioni molto precisa, che porta a una gestione del trattamento e della prognosi più adatta.

Per quanto riguarda la divisione da zero a quattro la differenza è la seguente:

- Grado 0

Suddiviso ulteriormente in grado 0a e 0b. il primo evidenzia una lesione neuromuscolare con risonanza magnetica normale (negativa), mentre il secondo mostra la presenza di un indolenzimento muscolare con risonanza magnetica normale oppure con presenza di DOMS. Nel grado 0a si ha un dolore focale (solitamente dopo attività), mentre nel 0b è generalizzato (solitamente a seguito di un esercizio inusuale).

- Grado 1

Si tratta di piccoli infortuni muscolari con dolore durante/dopo attività sportiva. Il ROM è invariato con dolore durante la contrazione, la forza può essere mantenuta durante l'esame clinico. Può essere diviso in due sottocategorie: grado 1a e 1b.

Nell'1a, la risonanza magnetica (RM) mostra una lesione che si estende dalla fascia del muscolo con una rottura delle fibre di circa un centimetro. Nel grado 1b, la RM mostra una lesione nella parte interna del muscolo, nella giunzione neuromuscolare (MTJ), con evidenti cambiamenti del segnale di contrazione su un'area inferiore a cinque centimetri.

- Grado 2

Infortuni muscolari di entità moderata. Durante l'attività sportiva, l'atleta avverte dolore che gli impedisce di continuare. Il ROM è limitato dal dolore all'inizio della contrazione e si può osservare debolezza muscolare.

È diviso in tre sottocategorie: 2a, 2b e 2c. Nel 2a, si evidenzia una lesione che si estende dalla fascia periferica al muscolo. Nella risonanza magnetica, si osserva un'area di interruzione delle fibre inferiore a circa cinque centimetri. Nel grado 2b, si osservano lesioni all'interno del muscolo (MTJ) con una rottura delle fibre di circa cinque centimetri. Nell'ultima sottocategoria, la lesione si estende al tendine con una lesione inferiore a cinque centimetri.

- Grado 3

Infortuni muscolari estesi che causano dolore improvviso durante l'attività fisica, talvolta la persona può cadere a terra. Il ROM è ridotto a causa del dolore durante la deambulazione e si osserva una evidente debolezza. Anche in questo caso, ci sono tre sottocategorie di lesioni: 3a, 3b e 3c. Nel grado 3a si presenta una lesione miofasciale, mentre nel grado 3b si osserva una lesione muscolare/muscolotendinea, entrambe mostrano una rottura delle fibre che si estende oltre i cinque centimetri nella risonanza magnetica (RM). Nel grado 3c si evidenziano lesioni nel tendine che superano i cinque centimetri di lunghezza. In questo grado non si ha ancora una completa rottura, ma potrebbe esserci una perdita dell'integrità tendinea.

- Grado 4

Si tratta di una lesione completa del muscolo o del tendine. L'atleta avverte un dolore improvviso che limita immediatamente l'attività. Durante la palpazione clinica, si percepisce un vuoto seguito da un ripristino del tessuto.

3.3 Altri tipi di lesioni

Un'altra forma di lesione muscolare comune negli sportivi sono i “Delayed-onset muscle soreness”, conosciuti come DOMS, ovvero l'insorgenza ritardata di dolori muscolari. I DOMS rientrano nella categoria delle lesioni muscolari subacute, causate da un trauma indiretto. Questi sintomi sono spesso riscontrati dopo periodi prolungati di inattività o a seguito di contrazioni muscolari eccentriche o di esercizi non familiari al corpo. I sintomi includono dolore muscolare, rigidità, gonfiore, riduzione della forza muscolare e limitazione del movimento delle articolazioni coinvolte [6].

Le lesioni e gli sovraccarichi al muscolo scheletrico negli sport sono molto comuni, rappresentando dal 10% al 55% di tutte le lesioni sportive. I DOMS rappresentano un tipo di danno muscolare a livello ultrastrutturale e sono classificati come disturbi muscolari funzionali causati da un eccessivo sforzo sulle fibre muscolari di tipo IIB. Nonostante i DOMS siano considerati lesioni muscolari lievi, sono una delle principali cause di prestazioni sportive compromesse [6].

Pertanto, è importante considerare i DOMS durante il processo di ritorno all'attività sportiva dopo una lesione muscolare.

4. Lesioni nei calciatori

4.1 Cause delle lesioni nel calcio

Le lesioni muscolari sono molto frequenti durante l'esercizio fisico, specialmente durante la pratica sportiva agonista. Questi traumi possono avere un impatto negativo sia sulla capacità funzionale dell'atleta che sulla sua capacità di continuare a svolgere l'attività sportiva.

I sistemi di classificazione si concentrano principalmente sulle lesioni acute, che rappresentano la maggior casistica riportata in ambito sportivo, come ad esempio nel calcio. Tuttavia, è fondamentale tenere presente che, oltre alle lesioni acute, esistono anche lesioni subacute e croniche che possono causare sintomi significativi e limitazioni funzionali importanti per gli atleti.

L'attenzione sarà principalmente rivolta alle lesioni di origine acuta nel calciatore, senza tuttavia trascurare il discorso sulle lesioni subacute e croniche.

Nel contesto del calcio, le lesioni muscolari tendono ad accadere durante gli ultimi 15 minuti di una partita o di un allenamento, quando la muscolatura è particolarmente stanca o affaticata, o nei primi 15 data la maggiore intensità ad inizio incontro [7].

Questi eventi traumatici rappresentano una percentuale significativa, corrispondente al 30% di tutti gli infortuni e al 16% delle lesioni acute.

In generale, quando parliamo di infortuni, uno dei fattori di rischio principali è rappresentato dalla storia pregressa di lesioni muscolari, i calciatori (ma questo vale per tutti gli atleti) che hanno subito una lesione muscolare in passato hanno un rischio di ricaduta che è circa sette volte superiore rispetto ai giocatori senza precedenti di lesioni muscolari. In media, le ricadute delle lesioni muscolari comportano una significativa assenza dal campo per circa il 30% della stagione sportiva.

Oltre alla storia di lesioni, esistono altre cause che possono contribuire alla manifestazione di una lesione muscolare. Queste includono:

- Squilibri di forza tra i muscoli agonisti e antagonisti
- Scarsa elasticità muscolare
- Riscaldamento insufficiente prima dell'attività
- Stanchezza e stress
- Periodi di allenamento intensi
- Poca stabilità della colonna vertebrale
- Deficit di equilibrio e supporto
- Competere contro avversari di livello superiore
- Ruolo specifico in campo

Inoltre, è stato osservato che alcuni calciatori presentano marcatori genetici che li predispongono ad un aumento della probabilità di lesioni e a un periodo di recupero più lungo. [8]

4.2 Epidemiologia delle lesioni muscolari nel calcio

Uno dei principali problemi di qualsiasi sport sono gli infortuni che possono portare l'atleta a saltare una o più gare e ne può influenzare negativamente la prestazione a breve e/o a lungo termine.

Diversi studi sul calcio riportano che questo sport comporta un basso rischio di lesioni in età preadolescenziale e adolescenziale, infatti, le lesioni sono più accentuate in atleti adulti.

Robles-Palazón et al. [9] hanno trovato che, per atleti ragazzi, la parte del corpo più colpita sono gli arti inferiori con una incidenza pari a 4,08 infortuni ogni 1000 ore (seguito poi da arti superiori, tronco ad infine testa e collo in ultima posizione). Per quanto riguarda le lesioni agli arti inferiori, la coscia ha mostrato l'incidenza più alta, seguito da caviglia, ginocchio, anca, gamba/tendine d'Achille e piede, come riportato dalla [figura 3] dove sono indicati i dati sia per quanto riguarda i calciatori che le calciatrici.

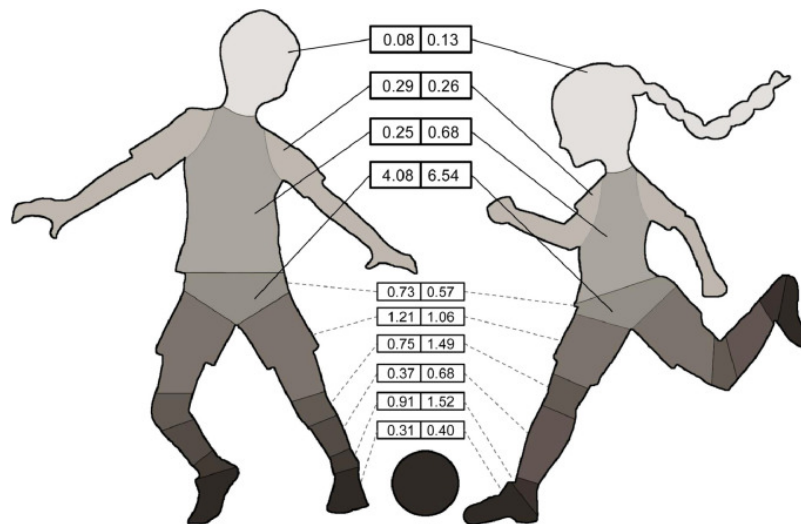


Figura 3. Robles-Palazón et al., 2021.

La tipologia di infortuni è differente tra ragazzi e ragazze, dove per i primi il più comune risulta essere di tipo muscolare/tendineo, mentre per le ragazze le lesioni articolari (non ossee) e le lesioni ai legamenti sono le più frequenti.

Il tasso di infortuni risulta molto basso nei giocatori maschi di età inferiore ai 12 anni (1,6 infortuni ogni 1000 ore di attività totali) con generalmente una gravità molto lieve.

Il rischio di lesioni aumenta poi col crescere dell'età: nelle U13-U16 sono 5,35 infortuni, mentre nelle U17-U19 sono 7,54 ogni 1000 ore. [9]

Si può riscontrare una notevole differenza della frequenza degli infortuni tra partite e allenamenti con un'incidenza di 20,05 per le U17-U19, di 13,67 per le U13-U16 e 2,60 per le U12 ogni 1000 ore nelle partite e rispettivamente 3,51, 3,39 e 1,07 negli allenamenti. [9]

I dati riportati per le calciatrici sono simili, ma la scarsità degli studi nelle ragazze ha impedito ulteriori sotto analisi per i gruppi.

La probabilità complessiva di infortunio durante 1 stagione è del 47% e 43% per i giovani giocatori maschi e femmine, rispettivamente.

Indipendentemente dal sesso, la probabilità di infortunio più alta è stata riscontrata per i gruppi di età U17-U19 (56% nei maschi e 58% nelle femmine) ed è stata più bassa per il gruppo di età U12 (7% nei maschi e 18% nelle femmine). [9]

Circa il 60-80% degli infortuni gravi nel calcio avviene nell'estremità inferiori, più comunemente al ginocchio (29%) e caviglia (19%). Gli infortuni più seri e frequenti avvengono al legamento crociato anteriore, legamento crociato posteriore e legamento collaterale mediale. [10]

In una revisione sistematica composta da 44 studi, viene riportata l'incidenza degli infortuni nel calcio; questa mostra come il totale degli infortuni nell'atleta professionistico maschio era di circa 8,1 infortuni ogni 1000 ore di attività. L'incidenza più alta si aveva durante le partite con un tasso 10 volte maggiore rispetto alla frequenza di infortuni negli allenamenti (36 infortuni ogni 1000 ore contro 3,7). Di tutti gli infortuni, la localizzazione più diffusa erano gli arti inferiori (tasso pari a 6,8 infortuni per 1000 ore).

Mentre invece il tipo di infortunio era di tipo muscolare/tendineo (4,6 ogni 1000 ore) frequentemente associato ad eventi traumatici, gli infortuni più diffusi erano di lieve entità (con 1-3 giorni di stop).

Sono stati confrontati questi dati anche con l'incidenza nei top 5 campionati europei professionistici e si è visto che non vi era differenza rispetto ai campionati professionistici di altri paesi (rispettivamente 6,8 contro 7,6 infortuni per 1000 ore di attività). [11]

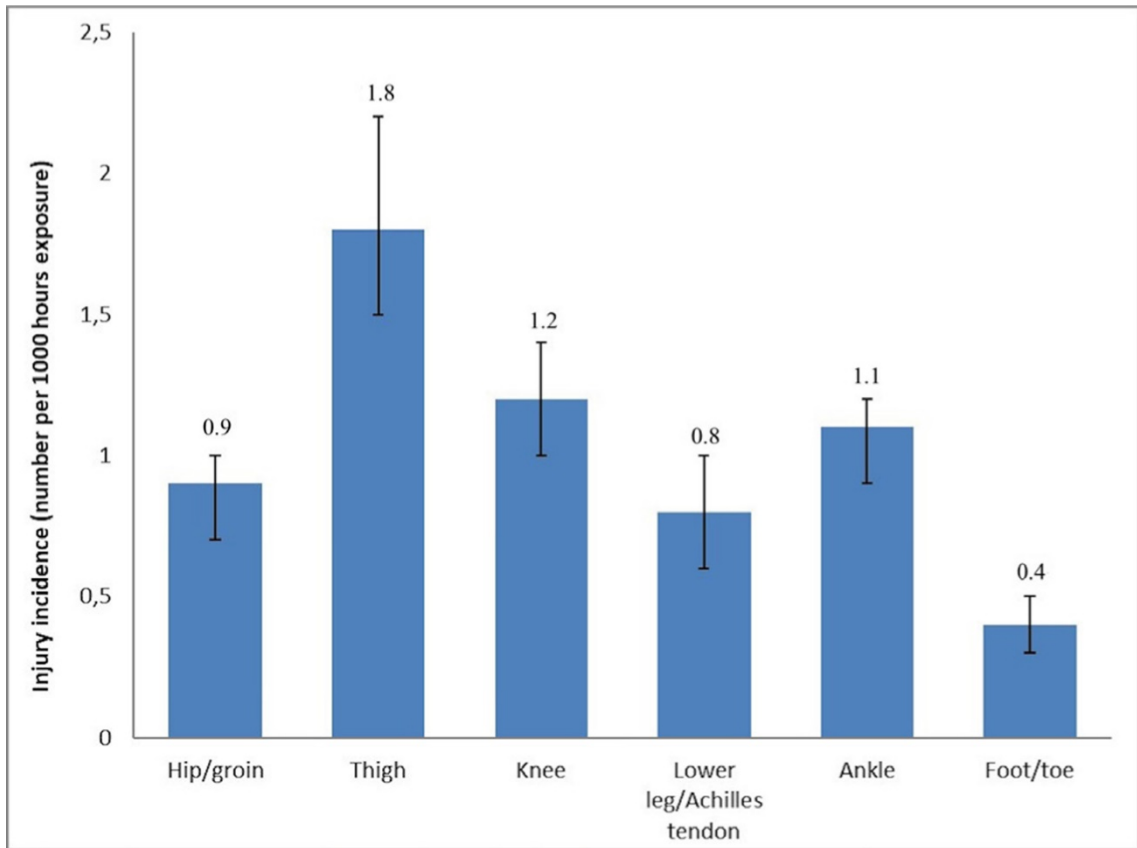


Figura 4, *Lopez-Valenciano A. et al., 2020.*

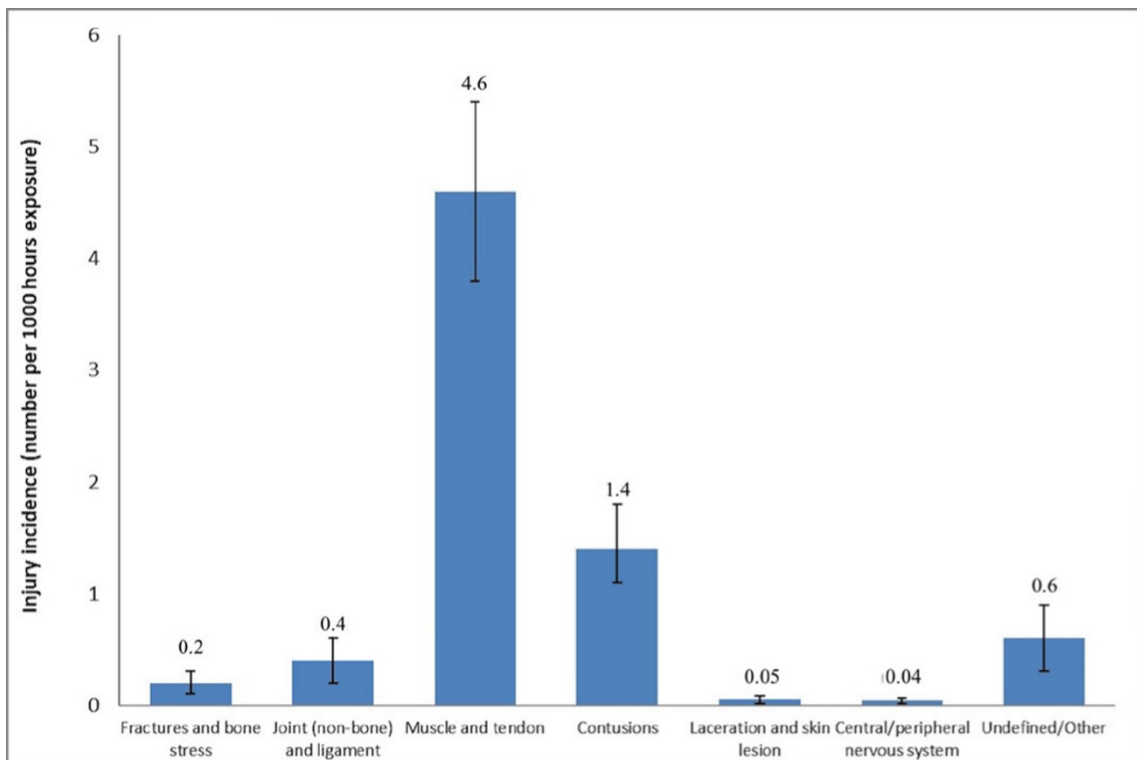


Figura 5, *Lopez-Valenciano A. et al., 2020.*

Il rischio di infortunio è concentrato maggiormente nelle aree di campo in cui il possesso palla è contestato più vigorosamente, che corrispondono alle zone di campo d'attacco e di difesa vicino alla porta. Il potenziale d'infortunio è indifferente tra match in casa e in trasferta. [7]

Secondo la revisione sistematica di Pfirrmann et al. [12] la parte del corpo più frequentemente infortunata è la parte superiore della gamba e la maggior parte degli infortuni in tutte le età sono lievi o minimi, con le lesioni muscolari che ne rappresentano un'ampia fetta.

Gli stiramenti costituiscono il 23% circa di tutti i re-infortuni e il 40% di questi ha comportato un'assenza dalla partecipazione più lunga rispetto all'infortunio iniziale ed è stato dimostrato che sono più comuni durante l'allenamento che durante le partite. [12]

4.3 Fattori di rischio

La revisione sistematica di Freckleton e Pizzari [13] riporta i fattori di rischio individuati attraverso un'analisi di un totale di 34 articoli ricavati da una ricerca iniziale che comprendeva ben 1649 articoli successivamente scremati.

I principali fattori di rischio emersi sono:

- Età: diversi studi hanno investigato sulla correlazione tra età e infortuni e risulta che 7 di questi (inseriti in una metanalisi) la riportano come fattore di rischio con dati significativi ($p=0,004$), 3 studi affermano che con l'aumentare dell'età si ha un aumento del rischio di lesioni ($p=0,06$), 2 studi affermano che esiste una correlazione significativa ($p=0,02$) ed infine lo studio di Woods et al. [14] afferma che ragazzi tra i 17 e i 22 anni hanno meno infortuni ai flessori rispetto ai giocatori più anziani ($p<0,01$).
- Squilibri di forza muscolare: Croisier et al. [15] hanno individuato che i calciatori che presentano un profilo muscolare disequilibrato (un deficit in 2 o più test isocinetici) hanno un rischio maggiore di lesioni ai flessori.

Sugiura et al. [16] si sono interessati ai rapporti funzionali H:Q (eccentrico degli hamstring e concentrico dei quadricipiti) e l'asimmetria del rapporto funzionale H:Q tra le gambe è stata identificata come fattore di rischio solo a velocità inferiori ai 60°/s.

- Lesioni precedenti: secondo 13 studi ($p=0,00$) una lesione avvenuta in passato rappresenta un potenziale fattore di rischio di re-infortunio, Bennell et al. [17] hanno riscontrato che gli atleti con una precedente storia di stiramento avevano una probabilità 2,1 volte maggiore di subire un altro infortunio ($p=0,02$). Inoltre, 3 studi hanno trovato un'associazione tra la ricostruzione del legamento crociato anteriore e la lesione ricorrente al bicipite ($p=0,00$) e tra altri 2 studi riportano come una storia di infortunio al polpaccio e al ginocchio possono rappresentare un fattore di rischio.
- Ridotta mobilità dell'anca: una diminuita estensione dell'anca può essere associata ad una susseguente lesione ai flessori, per ogni aumento di grado nel test di Thomas modificato (ossia una diminuzione della flessibilità dei flessori dell'anca) il rischio di infortunio aumenta del 15% in giocatori con età uguale o superiore ai 25 anni.
- Tipo di attività: la maggior parte degli infortuni avviene durante la corsa (68%, $p=0,00$), ma gli infortuni di severità più elevata sono stati riscontrati durante il calcio al pallone.

5. Biomeccanica del gesto atletico nel calciatore

5.1 Fase di corsa e sprint

“Con il termine di origine inglese sprint si vuole indicare la velocità che si acquista durante la fase finale di una corsa. Il termine viene utilizzato soprattutto nelle gare di velocità.” [18]

Durante la corsa le lesioni risultano maggiormente durante lo sprint e le lesioni primarie sono principalmente situate nel capo lungo del muscolo femorale del bicipite [19].

Ciò significa che lo strappo avviene quando si raggiunge la velocità massima o simile. Lo sprint è un tipo di corsa ad alta velocità che viene eseguita per un breve periodo di tempo e richiede un'accelerazione rapida. Rispetto al camminare e al correre, il ciclo del passo nello sprint presenta alcune differenze.

Il ciclo del passo è il periodo che va dal contatto iniziale di un piede al successivo contatto iniziale dello stesso piede.

Nella camminata normale, ci sono due fasi dell'andatura: l'appoggio e l'oscillazione. La fase di appoggio rappresenta il 60% del ciclo, mentre la fase di oscillazione il restante 40% [figura 6].

Il doppio appoggio si verifica durante il primo e l'ultimo 10% della fase di appoggio. L'appoggio singolo ha una durata pari al tempo di oscillazione dell'arto opposto.

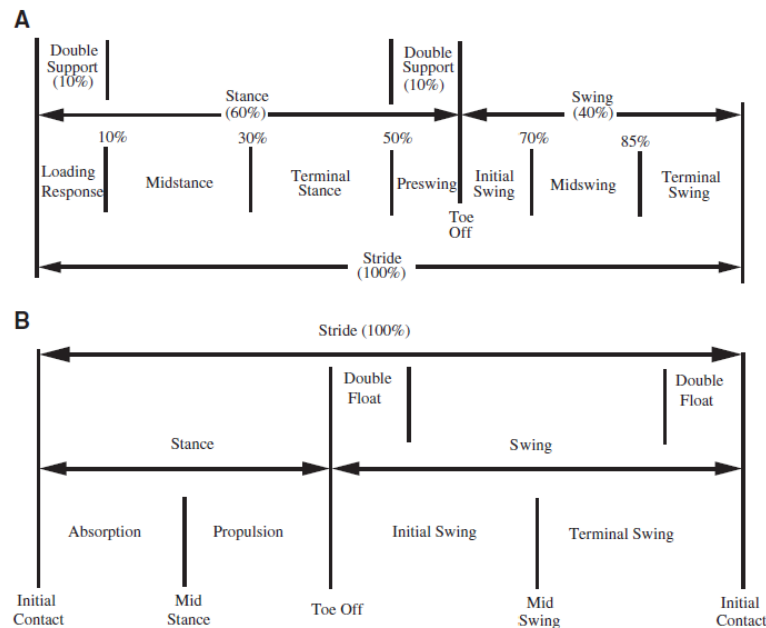


Figura 6. Sheila A. et al., 2012.

Il ciclo del passo in corsa può essere suddiviso in: fase di stance, fase di swing e fase di volo o galleggiamento.

La prima metà della fase di stance riguarda l'assorbimento della forza, mentre la seconda metà è responsabile della propulsione. Nella [figura 3B], la fase di stance è suddivisa nelle sottofasi di contatto iniziale a metà corsa e metà corsa in punta di piedi. La fase di stance può essere suddivisa in tre: (1) initial contact to foot flat (contatto iniziale con il piede piatto), (2) foot flat to heel-off (da piede piatto a tallone), e (3) heel-off to toe-off (da tacco a punta). La fase di swing durante la corsa può essere suddivisa in oscillazione iniziale e oscillazione terminale, la fase di volo si verifica all'inizio dell'oscillazione iniziale e alla fine dell'oscillazione terminale. [20]

All'aumentare della velocità del movimento, si ha una progressiva riduzione della durata della fase di appoggio, passando dal 60% durante la camminata a circa 35% durante la corsa e nello sprint questa percentuale diminuisce ancora di più. Parallelamente, il movimento nel piano sagittale aumenta proporzionalmente alla velocità del movimento.

In generale, quando la velocità aumenta, il corpo adotta una posizione più bassa del centro di gravità (il baricentro si abbassa) assumendo inoltre un'inclinazione in avanti, una maggiore flessione delle anche e delle ginocchia, e un aumento della dorsiflessione dell'articolazione della caviglia.

Anche altre articolazioni attraversano una gamma più ampia di movimento durante la corsa, come le articolazioni della colonna lombare e del bacino. [20]

La corsa e lo sprint si distinguono per diverse caratteristiche, una risiede nell'appoggio del piede: durante la camminata, entrambi i piedi si trovano a contatto con il suolo contemporaneamente, in quello che viene definito "doppio appoggio".

Nello sprint, invece, questa fase di doppio appoggio viene sostituita da due momenti in cui i piedi non toccano il suolo ("float phase", letteralmente fase di galleggiamento), causando una riduzione del tempo della fase di appoggio.

Un'altra distinzione tra corsa e sprint riguarda il punto di contatto del piede con il suolo durante la fase iniziale. Nella camminata il tallone laterale in genere tocca per primo il suolo e man mano che la velocità aumenta, il punto di contatto si sposta dal retro piede all'avampiede. Durante la corsa a velocità sostenute, il contatto iniziale avviene principalmente sull'avampiede (metatarso) e nello sprint il tallone non tocca il suolo.

All'aumentare della velocità di corsa, il tempo trascorso dal corridore in fase di appoggio diminuisce. In altre parole, più veloce è la corsa, meno tempo il piede trascorre a contatto con il suolo durante ogni passo. [20]

5.2 Fase di tiro al pallone nel calcio

“Per definizione il tiro si può descrivere come: l'azione conclusiva di un'azione collettiva o individuale atta a raggiungere il principale obiettivo del calcio che è fare gol.” [21]

La capacità di tirare la palla nel calcio è essenziale, ampiamente diffusa e intrinseca per un giocatore. Dopo un infortunio, la ripresa di questa abilità diventa di vitale importanza affinché gli atleti possano tornare in campo e riprendere la pratica sportiva.

Il potenziale di infortunio (lieve/moderato) durante un tiro in porta è di circa del 73% (percentuale che si alza all'89% se prendiamo in considerazione tutte le azioni che comprendono il calciare) con un'incidenza fortemente pendente verso gli infortuni lievi e con una percentuale di infortuni gravi dello 0,04% tra tutti i tipi di infortuni. [12]

L'analisi di Brophy et al. [10] afferma che calciare la palla ha un rischio infortunio pari al 51% di tutte le potenziali azioni che portano ad infortunio.

Durante il tiro sono state individuate 5 fasi di movimento che compongono il processo:

- 1) Preparazione (preparation)
- 2) Oscillazione posteriore (backswing)
- 3) Caricamento della gamba (leg cocking)
- 4) Accelerazione (acceleration)
- 5) Conclusione (follow-through)

Queste fasi possono essere suddivise in 6 eventi ben definiti, che sono i seguenti: (1) la gamba destinata a colpire il pallone ha il piede a terra con il tallone a contatto col terreno, (2) il carico si sposta sull'avampiede (3) e si verifica un'estensione completa dell'anca (4), seguita da una massima flessione del ginocchio, permettendo così di (5) colpire il pallone con forza (6) utilizzando il piede in posizione di flessione plantare, una volta che si verifica l'oscillazione anteriore dell'intero arto inferiore. Queste informazioni sono illustrate nella [figura 7]. [10]

Esistono però due tipi di tecniche di calcio che sono il tiro di “collo” (col dorso del piede) e il tiro di “piatto” (con la parte mediale del mesopiede). Per quanto riguarda la durata media del movimento, nel tiro col “collo” si impiegano in media 0,79 secondi, col “piatto” si impiegano 0,83 secondi. Non ci sono differenze statisticamente significative tra i due tipi ed entrambi presentano la fase cinque come la più prolungata. Tuttavia, analizzando l'attivazione dei muscoli ischiocrurali nei due tipi di tiro, emerge una differenza. Nel tiro con il dorso del piede, si osserva una maggiore attivazione degli ischiocrurali nella prima fase, mentre nel tiro con la parte mediale del piede si registra una maggiore attivazione nella fase finale. [10]

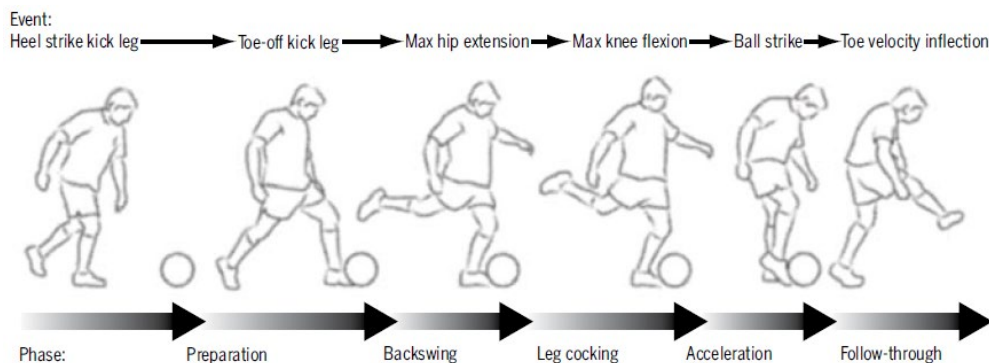


Figura 7. Brophy R. et al., 2007.

5.3 Esercizi/trattamenti riabilitativi

NHE (Nordic Hamstring Exercise)

Questa specifica tipologia di esercizio mira al rafforzamento dei muscoli ischiocrurali, ossia il bicipite femorale, il semitendinoso e il semimembranoso. L'esercizio NHE coinvolge l'atleta nell'esecuzione di un'inclinazione controllata del corpo in avanti, partendo dalla posizione eretta con le gambe piegate a terra, sfruttando un supporto alle caviglie o ai talloni (spesso fornito da un compagno di squadra o da un terapeuta). Durante questa fase, i muscoli ischiocrurali vengono sollecitati e allungati in un movimento di rinforzo eccentrico. Quando la forza degli hamstring non è più sufficiente per resistere al carico, il soggetto deve farsi trovare pronto con le mani frontalmente per il contatto col terreno. A questo punto spingendo con le mani sul pavimento ci si aiuta per ritornare nella posizione iniziale. [22]

FIFA 11+

Il FIFA 11+ comprende tre fasi principali: il riscaldamento, gli esercizi di forza e stabilità, con particolare attenzione agli arti inferiori, e gli esercizi di coordinamento e controllo, volti a migliorare la coordinazione, la velocità e la capacità di reazione.

Gli esercizi proposti sono correlati con i movimenti e gli angoli di lavoro funzionali al gioco del calcio e permettono un adattamento specifico ai carichi di lavoro successivi.

Parte 1: esercizi di corsa a carattere metabolico a bassa intensità, combinati con esercitazioni di stretching attivo e di contatti controllati con i compagni di allenamento.

Parte 2: caratterizzata da esercizi con tre livelli progressivi di difficoltà che hanno come obiettivo quello di sviluppare la forza dei muscoli stabilizzatori della zona addominale-pelvica (core stability), l'equilibrio, l'abilità pliometrica e l'agilità.

Parte 3: composta da esercizi di corsa a moderata/alta intensità, combinati con balzi e movimenti di arresto e cambio di direzione.

I calciatori dovrebbero iniziare con il livello 1 e passare al livello successivo di un esercizio, quando sono in grado di effettuare l'esercizio per la specificata durata e per il numero di ripetizioni, senza difficoltà alcuna. È di fondamentale importanza la corretta esecuzione di tutti gli esercizi. [23]

YoYo Flywheel

L'allenamento con la tecnologia Yoyo Flywheel è un metodo che sfrutta una ruota girevole, chiamata "flywheel," per fornire resistenza durante l'esercizio. Questa tecnologia è spesso utilizzata nell'ambito dell'allenamento sportivo e del fitness per migliorare la forza, la resistenza e la potenza. Il principio di base è simile a quello di una cyclette o di un ergometro a remi, ma la resistenza è generata dalla rotazione della flywheel anziché da un sistema di pesi o di freni. La sequenza di movimento avviene in due fasi. Fase 1 - Movimento concentrico: il volano all'interno della macchina viene messo in movimento e accelerato tirando la cinghia (esecuzione di uno squat o affondo per esempio) ed accumula energia cinetica. Non appena la cinghia viene completamente srotolata, il volano la tira automaticamente indietro: come uno yo-yo.

Fase 2 - Movimento eccentrico: la cinghia viene tirata indietro dal volano. La sfida consiste nel portare rapidamente il piatto rotante a fermarsi grazie a un'elevata resistenza. Dopodiché il movimento concentrico ricomincia. [24]

BEP (Bounding Exercise Programme)

Il programma di allenamento "Bounding Exercise Programme" (BEP) consiste in esercizi di salto su una sola gamba caratterizzati da un ciclo di allungamento-accorciamento: una fase di allungamento eccentrico, una fase di ammortizzazione e una fase di accorciamento concentrico. Questo ciclo di allungamento-accorciamento rafforza le proprietà elastiche del tessuto connettivo, migliorando così la forza e la potenza sia eccentrica che concentrica, consentendo al muscolo di accumulare energia nella fase di pre-allungamento/eccentrica e di rilasciarla nella fase concentrica.

Gli specifici adattamenti fisiologici indotti dall'allenamento pliometrico includono un aumento dell'attivazione delle unità motorie, un aumento della tensione passiva del complesso muscolo-tendineo e un miglioramento della meccanica dei ponti trasversali. Questi adattamenti sono associati a una migliore forza, una maggiore rigidità articolare e un miglior controllo neuromuscolare e prestazioni funzionali.

L'allenamento pliometrico è già ampiamente utilizzato negli sport di squadra intermittenti per migliorare le prestazioni di sprint e salto. [25]

Harmoknee

Questo programma comprende cinque parti: riscaldamento (corsa, skip alto, pressione difensiva e “one and one”), attivazione muscolare (principalmente arti inferiori), equilibrio (salti in avanti e indietro, laterali, con una gamba o con tutt’e due), forza (affondi, curl e squat) e stabilità del core (addominali, plank e ponte), ciascuna con esercizi specifici mirati a migliorare le prestazioni sportive e prevenire gli infortuni.

Il programma è stato progettato per essere integrato nelle sessioni di allenamento di calcio regolari, con una durata totale di 20-25 minuti ed eseguito per tre volte alla settimana. [26]

HEE (Hip Extension Exercise)

L'esercizio di estensione dell'anca (HEE), noto anche come "Hip Extension Exercise", è un movimento di allenamento che mira a rafforzare i muscoli dell'anca, in particolare i muscoli glutei. Nell'HEE, tipicamente, una persona si distende a terra o su una panca inclinata con il petto rivolto verso il basso e solleva una gamba all'indietro contro la resistenza o il proprio peso corporeo, coinvolgendo principalmente i muscoli glutei per estendere l'anca. Questo esercizio può essere eseguito in diverse varianti, tra cui l'uso di attrezzature specifiche da palestra o esercizi a corpo libero come il "glute bridge". L'HEE è spesso incluso nelle routine di allenamento per migliorare la forza, la stabilità dell'anca e la postura. [27]

PRP (Platelet-Rich Plasma injection)

Il PRP (Plasma Ricco di Piastrine) è un prodotto di derivazione ematica, caratterizzato dalla forte concentrazione di fattori di crescita. Il Platelet-Rich Plasma, termine inglese da cui deriva l'acronimo PRP, viene utilizzato a scopi terapeutici, per la sua peculiare capacità di stimolare e facilitare la rigenerazione tissutale, in diversi ambiti medici che vanno dall'ortopedia alla chirurgia plastica.

È costituito da plasma con una concentrazione di piastrine più alta rispetto a quella che si riscontra nel sangue normale. Si tratta, infatti, di una sostanza emoderivata del tutto naturale, che viene ottenuta tramite centrifugazione, dopo il prelievo di un limitato quantitativo di sangue dal paziente stesso.

Il trattamento con il Plasma Ricco in Piastrine (PRP) prevede normalmente una o più infiltrazioni nella sede interessata. [28]

Laser terapia

La laserterapia è un tipo di trattamento di fisioterapia che permette di trattare un ampio spettro di patologie dell'apparato muscolo-scheletrico e cutaneo facilitandone la guarigione e in assenza di particolari controindicazioni e rischi per il paziente.

È una terapia fisica che applica al corpo umano una particolare forma di emissione elettromagnetica, la luce infrarossa.

Il termine LASER sta per: Light Amplification Through the Stimulated Emission of Radiation: amplificazione della luce attraverso l'emissione stimolata di radiazioni.

Si tratta di una particolare forma di emissione elettromagnetica (di regola nello spettro visibile, dal rosso al viola), ma anche in quello non visibile infrarosso.

Durante il trattamento, il paziente viene posizionato seduto o sdraiato per permettere al terapeuta di trattare la parte del corpo interessata dal dolore/disturbo. Il terapeuta, tramite un manipolo tenuto a breve distanza dalla cute, proietta un raggio piuttosto focale (l'area trattata è di pochi centimetri quadrati) di luce infrarossa che viene erogata con modalità pulsata. La profondità di penetrazione è nell'ordine di un paio di centimetri.

Il trattamento dura circa 10 minuti e di regola si prescrivono 6 sedute, con cadenza quotidiana. [29]

PATS

Il protocollo di allenamento PATS, ovvero "Progressive Agility and Trunk Stability" (Agilità Progressiva e Stabilità del Tronco), è un programma di preparazione fisica progettato per migliorare l'agilità e la stabilità del tronco. Questo protocollo di allenamento si concentra sulla progressione graduale degli esercizi per sviluppare la capacità di reagire rapidamente a cambiamenti direzionali mentre si mantiene una solida stabilità del tronco. Gli esercizi possono includere movimenti laterali, in avanti e all'indietro, combinati con esercizi specifici per rafforzare i muscoli del tronco, come addominali e lombari. Il PATS è spesso utilizzato nell'ambito dello sport per migliorare le prestazioni atletiche e ridurre il rischio di infortuni. [30]

STST

Il protocollo di allenamento STST, che sta per "Stretching e Rafforzamento" (Stretching and Strengthening), è un programma di preparazione fisica che combina esercizi di stretching con esercizi di rafforzamento muscolare. Questo approccio punta a migliorare la flessibilità muscolare attraverso il rilassamento e l'allungamento dei muscoli, oltre a rafforzare la muscolatura per migliorare la stabilità e la resistenza. Gli esercizi di stretching possono aiutare a migliorare la mobilità articolare e prevenire tensioni muscolari, mentre gli esercizi di rafforzamento lavorano sulla forza e la stabilità muscolare. Il protocollo STST è spesso utilizzato per migliorare le prestazioni sportive, ridurre il rischio di infortuni e promuovere una migliore salute muscolare e articolare. [30]

Criostretching

Il criostretching è una pratica che combina il freddo e lo stretching per ottenere benefici per il corpo. Durante il criostretching, una persona sottopone la parte del corpo da trattare a una fonte di freddo, come il ghiaccio o l'azoto liquido, prima di eseguire esercizi di stretching. Il freddo può contribuire a ridurre l'infiammazione e l'affaticamento muscolare, facilitando il rilassamento dei muscoli e l'aumento della loro flessibilità. Questa tecnica può essere utilizzata per aiutare ad alleviare il dolore muscolare e a migliorare la gamma di movimento.

6. Parte sperimentale: Studi scientifici sulla prevenzione delle lesioni agli ischiocrurali e studi scientifici sul trattamento post-infortunio

6.1 Introduzione

Quando si affronta il tema degli infortuni nell'ambito calcistico o in generale nello sport, la prima considerazione è rivolta al lavoro svolto dagli atleti durante la fase di preparazione al campionato e durante gli allenamenti precedenti alle competizioni. Questo aspetto si inserisce nell'ambito della prevenzione degli infortuni, ovvero nell'insieme di pratiche atte a minimizzare la probabilità che tali eventi si verifichino, consentendo così una massima espressione delle capacità nell'ambito dell'attività sportiva.

Dato il notevole carico di infortuni ai flessori è stata interrogata la letteratura per rispondere a una domanda: quali sono gli esercizi di prevenzione per gli infortuni agli arti inferiori ma soprattutto ai flessori?

Come detto in precedenza, gli infortuni ai flessori sono i più comuni in ambito calcistico ma anche in tanti altri sport, l'obiettivo di questa sezione di elaborato è quello di trovare quali esercizi, secondo la letteratura, sono i più adatti e i più efficaci.

Esploreremo anche le diverse strategie e metodologie di trattamento disponibili dopo un infortunio. Ci concentreremo su alcune domande fondamentali, come:

Quali sono i fattori che influenzano il processo di guarigione?

Quali sono le migliori terapie nel post-infortunio per promuovere una guarigione completa e prevenire ricadute?

Attraverso l'analisi delle evidenze scientifiche, dei protocolli di riabilitazione e delle nuove tecnologie emergenti, cercheremo di dare una risposta.

L'obiettivo, dunque, è quello di fornire un valido riferimento scientifico per fisioterapisti e calciatori al fine di massimizzare il recupero e le performance dopo un infortunio muscolare ai flessori della coscia.

6.2 Descrizione dello studio

Lo studio che ho presentato consiste in una revisione narrativa dedicata alla prevenzione e al trattamento delle lesioni ai muscoli flessori della coscia.

L'intento è, come accennato precedentemente, quello di offrire una panoramica approfondita delle strategie e degli approcci utilizzati per evitare e gestire tali infortuni.

La costruzione di questo elaborato è avvenuta esaminando una vasta gamma di fonti e ricerche, tali da fornire informazioni preziose per atleti, allenatori e professionisti della salute, offrendo una visione chiara delle migliori pratiche e delle opzioni terapeutiche disponibili per mantenere la salute e la performance dei muscoli flessori della coscia.

La stesura è avvenuta attraverso la ricerca separata di studi scientifici che indicassero, come riferito dalla letteratura alla letteratura, il miglior metodo di prevenzione delle lesioni muscolari e la migliore strategia d'intervento in caso di manifestazione di tali infortuni.

6.3 Metodologia utilizzata

Al fine di poter realizzare il mio studio di Tesi mi sono occupato di ricercare le evidenze scientifiche che affermassero quali metodologie e quali tecniche utilizzare per prevenire e trattare un infortunio in un atleta, specialmente nel calcio.

Concernente quanto detto, ho agito con questa metodologia:

- Fonti: PubMed, PEDro, Google Scholar.
- Parole chiave per la prevenzione: “hamstring”, “injury”, “injury prevention”, “injury prevention of hamstring injuries”, “prevention in football”.
- Parole chiave per il trattamento: “hamstring”, “injury”, “treatment of injury”, “injury rehabilitation”, “treatment of hamstring injury”, “rehabilitation of hamstring injury”, “rehabilitation in football”, “laser therapy”, “tecar therapy”.
- Criteri di inclusione: studi pubblicati in inglese, con almeno 2 parole chiave, revisioni sistematiche, metanalisi, studi clinici.

Prevenzione infortuni

Criteri di inclusione dei titoli:

- DEVE includere *injury* o *strain*
- E includere uno dei seguenti termini (AND):
hamstring, eccentric, exercise/training, prevention

Criteri di inclusione degli abstract:

- Calciatori/calciatrici
- Adolescenti e adulti (16+)
- Presenza del gruppo di controllo

Prima ricerca tra database: **419**



Studi inclusi dopo screening
dei titoli tramite ricerca
avanzata: **76**



Studi inclusi dopo screening
dell'abstract: **31**



Studi inclusi dopo analisi
completa del full text: **17**

Tabella 2. Risultati della ricerca degli studi

Le parole chiave “hamstring”, “injury” e “prevention” sono state successivamente combinate con l’operatore “AND” in modo tale da ricercare solo studi che comprendessero tutti i termini contemporaneamente.

Le ricerche nei database comprendevano tutti i risultati dalla prima pubblicazione disponibile (1991) fino ad agosto 2023 ed ha prodotto un totale di 419 studi potenzialmente rilevanti.

Dei 419 studi potenzialmente rilevanti, tramite la ricerca avanzata e i filtri applicati, è stato possibile selezionarne solo 17.

Trattamento infortuni

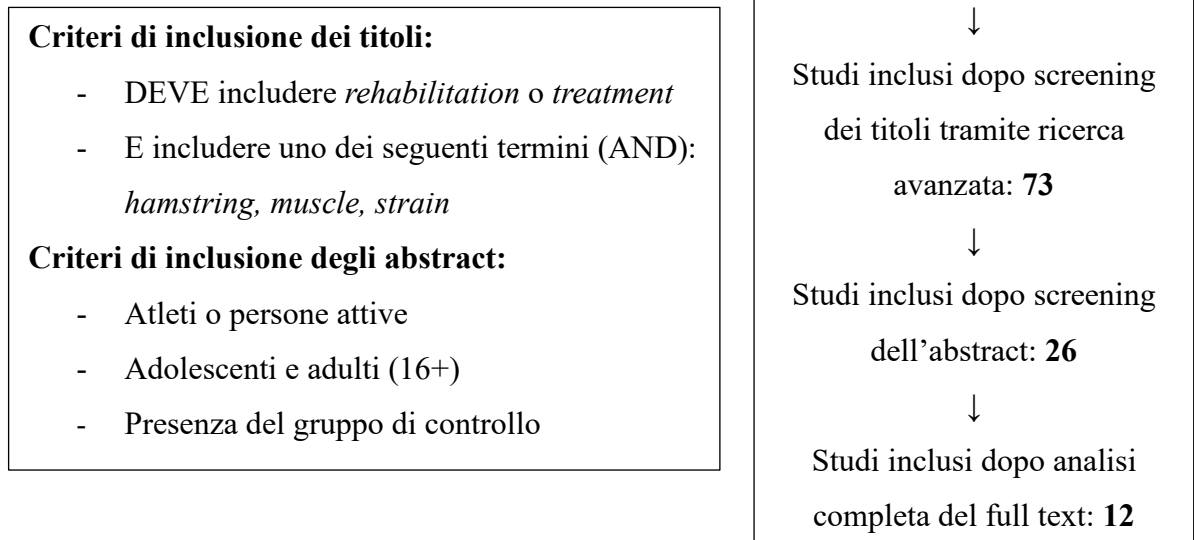


Tabella 3. Risultati della ricerca degli studi

Allo stesso modo, le parole chiave “hamstring”, “injury” e “treatment/rehabilitation” sono state combinate con l’operatore “AND”.

Nella ricerca attraverso i database, sono stati inclusi tutti i risultati dalla prima pubblicazione disponibile nel 1985 fino ad agosto 2023, con un totale di 665 studi che sono risultati potenzialmente rilevanti.

A partire dai 665 studi potenzialmente significativi, tramite selezione e filtri applicati, è stato possibile accettarne solamente 12.

6.4 Selezione degli studi

Sono stati selezionati tutti quegli studi che comprendessero solo calciatori/calciatrici e che avessero un gruppo di controllo, senza escludere alcuno studio per via del sesso, età (ma almeno 16+) o livello di competizione.

La selezione degli studi sulla prevenzione e sul trattamento è avvenuta in due momenti separati.

Relativi alla prevenzione

Gli studi che ne risultano sono:

- Systematic Review: 9
- Randomized Controlled Trial: 7
- Clinical trial: 1

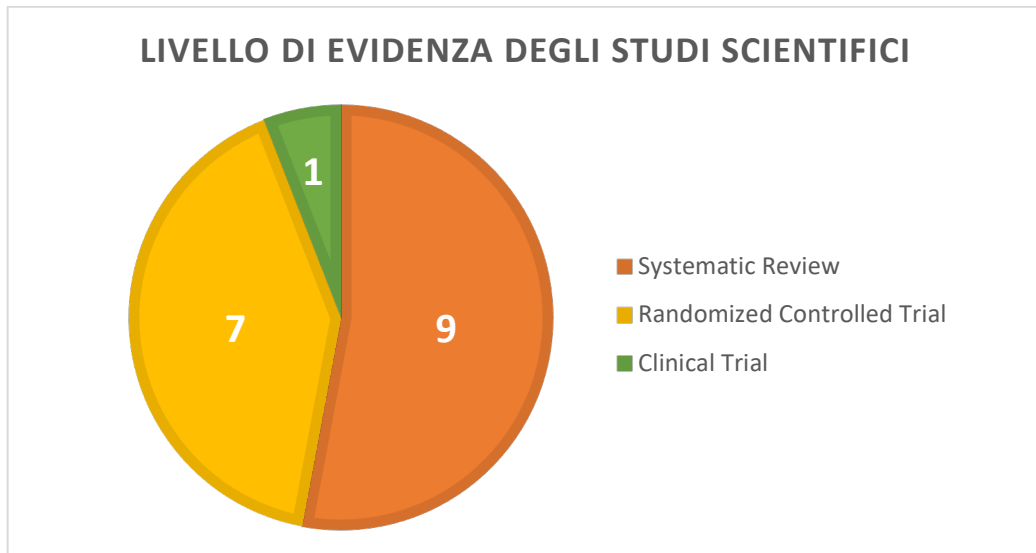


Tabella 4. Tipologie di studi inclusi nella revisione

Gli studi rappresentano diverse regioni, tra cui Nord America (n=2), Sud America (n=1), Regno Unito (n=3), Europa (n=6), Scandinavia (n=2), Asia (n=1) e Australia (n=2).

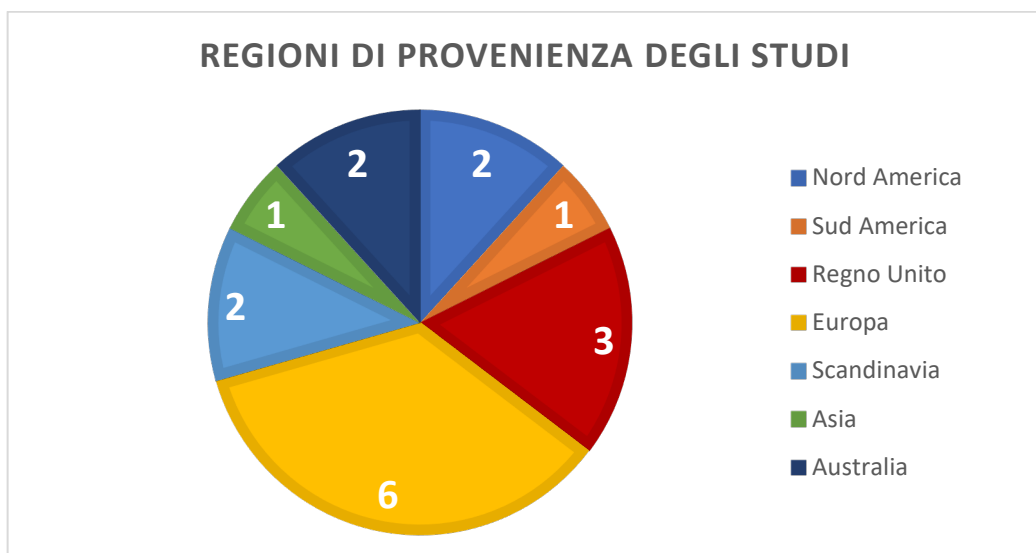


Tabella 5. Grafico a torta delle regioni di provenienza degli studi inclusi nell'elaborato

Degli 8 studi clinici, le tecniche di prevenzione utilizzate risultano essere:

- NHE (Nordic Hamstring Exercise) = 2
- FIFA 11+ = 2
- Allenamento concentrico ed eccentrico (YoYo flywheel) = 1
- PBMT (photobiomodulation therapy) = 1
- Esercizi pliometrici (BEP) = 1
- Misti = 1

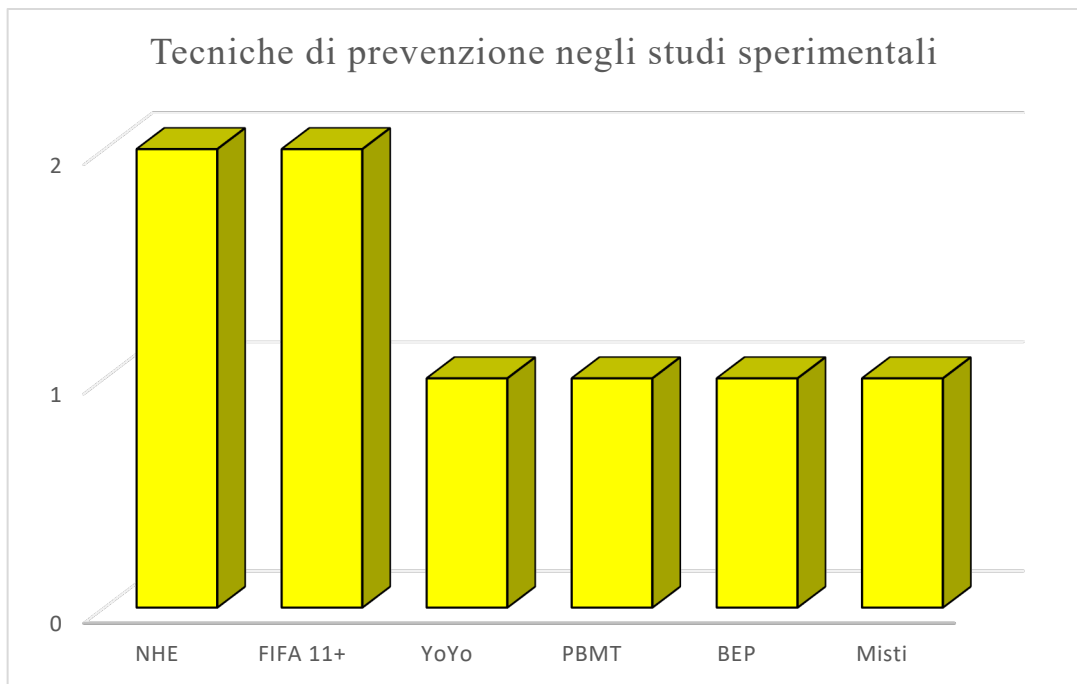


Tabella 6. Tecniche di prevenzione utilizzate negli studi sperimentali

Le restanti 9 revisioni sistematiche, invece, offrono una più ampia analisi delle tecnologie di prevenzione, prendendo in considerazione e mettendo a confronto studi che prevedevano l'applicazione di una o più tecniche precedentemente citate.

Relativi al trattamento

Gli studi che ne risultano sono:

- Systematic Review: 3
- Randomized Controlled Trial: 7
- Clinical trial: 2

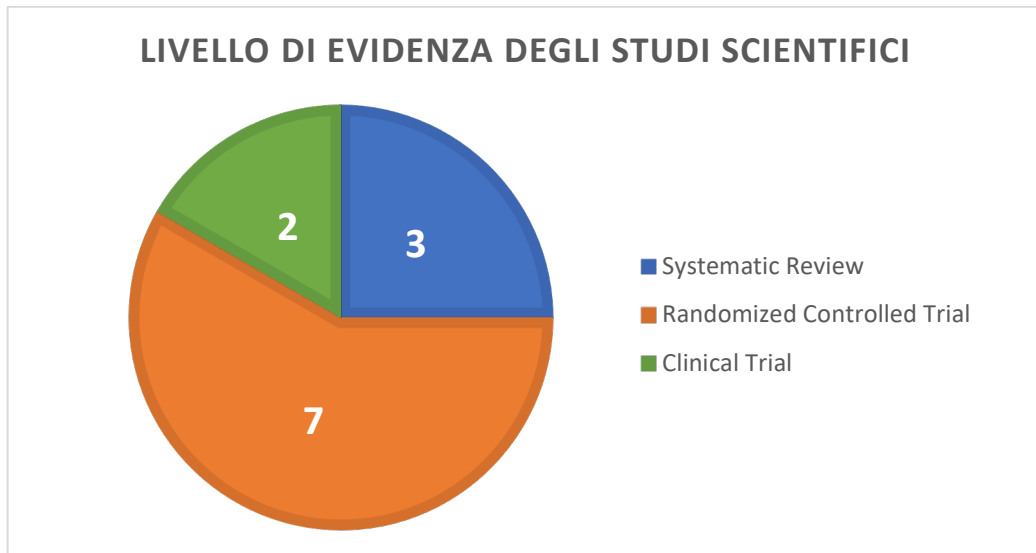


Tabella 7. Tipologie di studi inclusi nella revisione

Gli studi rappresentano diverse regioni, tra cui Nord America (n=3), Sud America (n=1), Regno Unito (n=1), Europa (n=3), Scandinavia (n=1), Asia (n=2) e Australia (n=1).

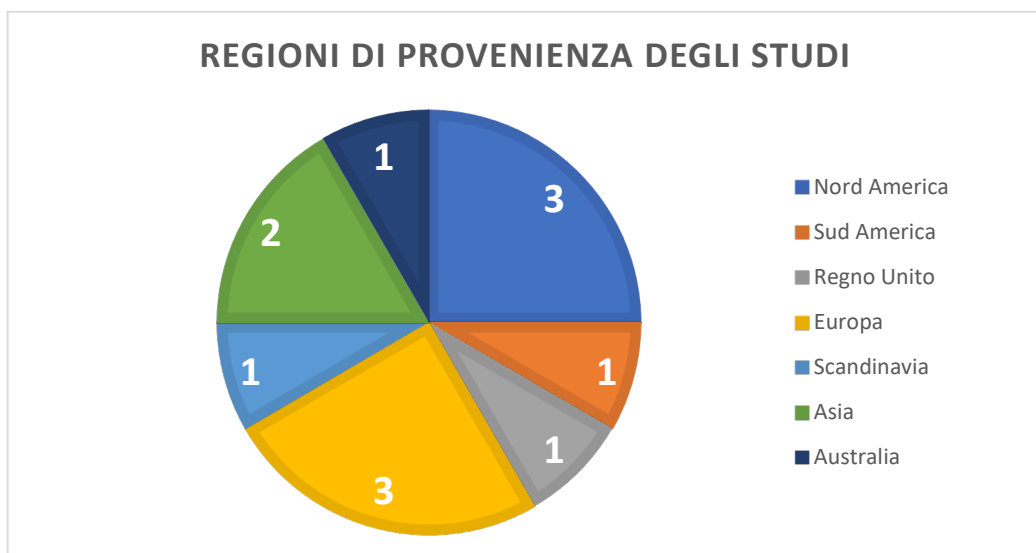


Tabella 8. Grafico a torta delle regioni di provenienza degli studi inclusi nell'elaborato

Dei 9 studi clinici, i protocolli di trattamento degli infortuni risultano essere:

- Stretching e potenziamento = 3
- Corsa progressiva e rafforzamento = 2
- RA (rehabilitation and return to sport algorithm, stretching e corsa) = 1
- Crioterapia e criostretching = 1
- PRP (platelet-rich plasma) = 1
- Laser terapia = 1

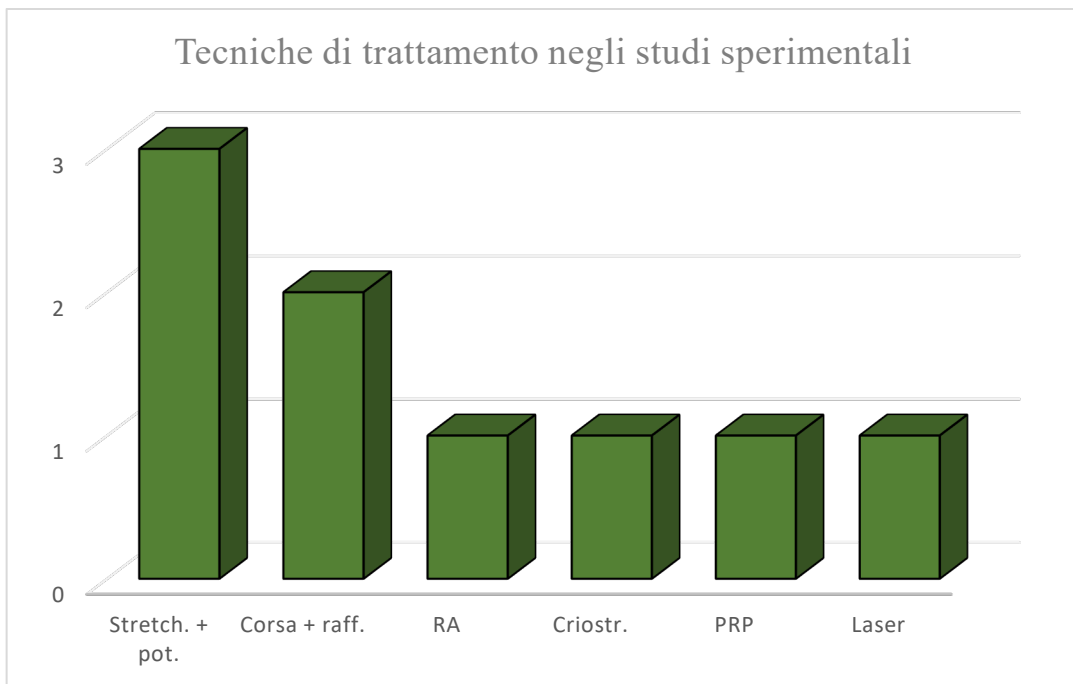


Tabella 9. Tecniche di prevenzione utilizzate negli studi sperimentali

Le rimanenti 3 revisioni sistematiche, invece, confrontano studi che hanno impiegato una o più tecniche menzionate in precedenza.

6.5 Descrizione degli studi

6.5.1 Studi sulla prevenzione

Studio 1: Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload.

Askling et al. [31] hanno valutato la presenza e la gravità degli infortuni ai muscoli flessori durante il campionato in calciatori professionisti che hanno seguito un programma di rafforzamento dei muscoli flessori della coscia nella fase di preparazione al campionato.

I soggetti presi in considerazione in questo studio erano 30 giocatori di due delle squadre più prestigiose della Serie A Svedese, suddivisi in due gruppi: uno sottoposto a un allenamento specifico per i muscoli flessori e l'altro no. Questo allenamento extra è stato eseguito 1-2 volte a settimana per 10 settimane.

Sono state misurate la forza massima isocinetica dei flessori e la massima velocità di corsa in entrambi i gruppi, prima e dopo il periodo di allenamento, e tutti gli infortuni ai muscoli flessori sono stati registrati durante un periodo osservazionale di 10 mesi.

I risultati hanno dimostrato che la manifestazione di lesioni muscolari era notevolmente minore nel gruppo di allenamento (3/15) rispetto al gruppo di controllo (10/15).

Inoltre, è stato osservato un significativo aumento della forza e della velocità di corsa nel gruppo sperimentale.

Studio 2: Hamstring Strain Injury (HSI) Prevention in Professional and Semi-Professional Football Teams: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Nella revisione sistematica condotta da Biz et al. [32], si è cercato di determinare l'efficacia delle strategie e dei protocolli preventivi nel ridurre l'incidenza delle lesioni muscolari al bicipite femorale nelle squadre di calcio professionistiche e semi-professionistiche.

Tale indagine è stata condotta mediante una ricerca nei database di PubMed/MEDLINE, ISI/Web of Science e Scopus, e la valutazione della qualità e del bias è stata effettuata utilizzando la scala modificata di Kennelly.

Nell'ambito dell'analisi statistica, sono stati presi in considerazione il tasso di incidenza delle lesioni (IIR) e il rapporto di incidenza (IRR). Complessivamente, soltanto 8 degli 1017 studi di ricerca originali soddisfacevano i criteri di inclusione per questa revisione. Il punteggio medio per la valutazione della qualità è risultato essere di 23,6/34.

La metanalisi condotta su sei degli otto studi inclusi ha fornito evidenze significative dell'efficacia degli interventi nel ridurre gli infortuni.

Gli studi presi in esame hanno adottato diverse strategie preventive, tra cui il Nordic Hamstring Exercises, il programma FIFA 11+ e esercizi per migliorare la stabilità del nucleo o l'equilibrio. Tutti questi interventi hanno dimostrato di avere un effetto positivo nella prevenzione delle lesioni ai muscoli flessori della coscia.

Studio 3: Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players.

Nella revisione condotta da Crossley et al. [33], l'attenzione è stata rivolta al calcio femminile e l'obiettivo rimaneva lo stesso: valutare gli effetti dei programmi di prevenzione degli infortuni, ma questa volta nelle donne.

Dodici studi soddisfacevano i criteri di inclusione, tuttavia, la maggior parte di essi (ad eccezione di uno) presentava un elevato rischio di bias. Undici studi hanno esaminato programmi basati sull'esercizio fisico, con la maggior parte (9/11) che comprendeva più (≥ 2) componenti di allenamento, come esercizi di forza, pliometrici e di equilibrio.

I programmi di esercizio multicomponente hanno dimostrato che possono ridurre gli infortuni complessivi (qualsiasi infortunio riportato) e anche le lesioni al bicipite femorale. In conclusione, però, secondo questo studio sul calcio femminile, vi sono poche evidenze scientifiche a sostegno dell'efficacia dei programmi di prevenzione basati sull'esercizio fisico nel ridurre le lesioni.

Studio 4: Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles.

Dornelles et al. [34] nel loro studio hanno invece valutato l'effetto della fotobiomodulazione (photobiomodulation, PBMT) come strumento di prevenzione per ridurre la fatica indotta dal calcio sui muscoli flessori della coscia (essendo questo un fattore di rischio).

Dodici giocatori di calcio dilettanti di sesso maschile, con un'età media di circa 25 anni, sono stati coinvolti in questo studio e sono stati sottoposti a valutazione in due sessioni separate, con un intervallo minimo di 7 giorni tra di esse.

In ciascuna delle due sessioni, i partecipanti hanno ricevuto un trattamento di terapia fotobiomodulante (PBMT) con una dose di 300 J per coscia o un trattamento placebo sugli ischiocrurali prima di simulare una partita di calcio. La forza muscolare e la capacità funzionale sono state misurate attraverso un dinamometro isocinetico e il test di salto in contromovimento (CMJ), rispettivamente, sia prima che subito dopo la simulazione della partita di calcio. I giocatori hanno registrato riduzioni minori del picco di forza eccentrica degli hamstring, del rapporto di coppia hamstring/quadricepiti e dell'altezza del CMJ quando sono stati trattati con la PBMT rispetto al placebo.

In conclusione, l'applicazione del PBMT prima di una partita di calcio simulata si è dimostrata efficace nell'attenuare l'affaticamento muscolare degli hamstring. Questi risultati supportano la PBMT come strumento promettente per prevenire le lesioni da stiramento nei giocatori di calcio.

Studio 5: Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function.

Nello studio condotto da Engebretsen et al. [35], l'attenzione è stata focalizzata sull'identificazione dei giocatori a rischio elevato di infortuni mediante l'impiego di un questionario e sulla valutazione di possibili strategie per la loro prevenzione.

Lo studio ha coinvolto complessivamente 508 giocatori appartenenti a 31 squadre.

Inizialmente, è stato somministrato un questionario che aveva come criteri di inclusione la segnalazione di infortuni pregressi e/o una ridotta funzionalità. Questo questionario è stato utilizzato per suddividere i giocatori in due gruppi: quello ad alto rischio (HR) e quello a basso rischio (LR).

I giocatori identificati come a rischio elevato (HR) sono stati successivamente randomizzati in un gruppo di intervento HR oppure di controllo HR.

I risultati hanno mostrato che sono stati riportati 505 infortuni, sostenuti dal 56% dei giocatori.

L'incidenza complessiva degli infortuni è risultata in media di 3,2 nel gruppo di controllo LR e di 5,3/4,9 nel gruppo di controllo HR e nel gruppo di intervento HR, rispettivamente. Non sono state rilevate differenze significative tra il rischio di infortunio nei gruppi di intervento e di controllo.

Tuttavia, la compliance dei giocatori nel gruppo di intervento è stata scarsa, con solamente circa il 25% dei partecipanti che ha aderito al volume minimo di allenamento raccomandato. Di conseguenza, non è stato possibile riscontrare alcun effetto significativo dell'intervento sulla riduzione del rischio di infortunio.

In sintesi, nonostante il questionario abbia identificato i giocatori a rischio elevato di infortunio, l'efficacia dell'intervento è stata limitata dalla bassa adesione dei giocatori ai programmi di allenamento, rendendo difficile dimostrare un effetto significativo sulla prevenzione degli infortuni.

Studio 6: Interventions for preventing hamstring injuries.

Secondo la revisione sistematica di Goldman et al. [36] non ci sono prove sufficienti da studi randomizzati e controllati per trarre conclusioni sull'efficacia degli interventi utilizzati per prevenire le lesioni agli hamstring nelle persone che giocano a calcio o ad altre attività ad alto rischio.

Questo studio ha ricercato gli studi randomizzati sugli interventi per la prevenzione delle lesioni agli arti inferiori (a condizione che fossero riportate le lesioni) e gli esiti secondari dovevano includere la compliance, la gravità e l'insorgenza di altre lesioni agli arti inferiori.

Sono stati inclusi sette studi randomizzati e controllati che hanno coinvolto 1919 partecipanti. Alcuni di questi sono stati compromessi da una metodologia inadeguata, tra cui la mancanza di cecità e l'incompletezza dei dati sugli esiti.

Quattro studi, che comprendevano 287 partecipanti, hanno esaminato interventi direttamente mirati a prevenire le lesioni al bicipite femorale. Tre di questi studi hanno avuto risultati contraddittori, con solo un piccolo studio che ha mostrato benefici. Gli altri due non hanno rilevato alcun beneficio, con una maggiore incidenza di lesioni agli arti inferiori proprio nel gruppo di intervento. Uno studio, invece, ha fornito alcune prove del fatto che la terapia manuale può prevenire gli strappi muscolari degli arti inferiori, anche se il risultato per le lesioni agli hamstring non ha raggiunto la significatività statistica.

I tre studi che hanno testato gli interventi per la prevenzione per i quali erano disponibili i dati relativi alle lesioni non hanno rilevato alcun effetto statisticamente significativo né per i protocolli propriocettivi (due studi randomizzati a grappolo) né per un protocollo di riscaldamento/raffreddamento e stretching (uno studio).

Studio 7: Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis.

Nella revisione sistematica condotta da Goode et al. [37], è stata investigata l'incidenza dell'allenamento dei muscoli flessori della coscia sul rischio di infortuni a tali muscoli. Questa indagine ha coinvolto la consultazione dei database di Medline, CINAHL, Cochrane, EMBASE, AMED, SportDiscus e PEDro, con l'inclusione di tutti gli studi condotti nel periodo compreso tra il 1° dicembre 2008 e il 31 dicembre 2013.

Tra gli studi analizzati, soltanto quattro su 349 soddisfacevano i criteri di inclusione stabiliti. Nell'analisi degli effetti principali, l'allenamento eccentrico dei muscoli flessori della coscia non è stato associato a una significativa riduzione del rischio di lesioni a tali muscoli. Tuttavia, è importante notare che questa stima risultava essere imprecisa e mostrava un'eterogeneità rilevante. D'altra parte, i soggetti che avevano seguito un regime di allenamento eccentrico in modo conforme hanno evidenziato una significativa riduzione delle lesioni ai muscoli flessori della coscia. Questa stima, al contrario, era precisa e coerente tra gli studi.

In conclusione, questa revisione suggerisce che l'allenamento eccentrico dei muscoli flessori della coscia, quando seguito con una buona aderenza da parte dei soggetti, sembra essere efficace nella prevenzione delle lesioni al bicipite femorale.

Studio 8: A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals.

Hibbert et al. [38] hanno condotto un'indagine scientifica allo scopo di determinare l'efficacia degli esercizi di rafforzamento eccentrico nella prevenzione degli infortuni ai flessori della coscia. Questo studio è stato condotto attraverso la consultazione dei seguenti database: MEDLINE, PubMed, CINAHL, PEDro, SportDiscus, EMBASE, Cochrane Database of Systematic Reviews, Cochrane Central Register of Controlled Trials e Web of Science, includendo gli studi pubblicati da luglio 2007 in poi.

Hanno individuato un totale di 7 articoli (3 RCT e 4 studi di coorte).

I risultati ottenuti suggeriscono che l'allenamento eccentrico si dimostra efficace sia nella prevenzione primaria che in quella secondaria delle lesioni muscolari ai flessori della coscia. Tuttavia, è importante notare che la presenza di eterogeneità tra gli studi e la limitata rigidità metodologica possono compromettere la possibilità di fornire raccomandazioni cliniche definitive.

In conclusione, lo studio condotto da Hibbert et al. sottolinea la necessità di ulteriori trial controllati randomizzati al fine di consolidare l'uso dei protocolli di allenamento eccentrico nella prevenzione delle lesioni muscolari ai flessori della coscia.

Studio 9: Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training?

Lovell et al. [39] hanno esaminato gli effetti di un programma di 12 settimane di Nordic Hamstring Exercises (NHE), somministrato prima o dopo una sessione di allenamento.

I soggetti presi in considerazione presentavano le seguenti caratteristiche: maschi adulti (età compresa tra i 20 e i 30 anni) e giocatori amatoriali di calcio.

Lo studio ha previsto una randomizzazione in 3 gruppi: uno era il gruppo di controllo (semplice programma di esercizi di stabilizzazione del core), mentre gli altri due gruppi eseguivano il programma NHE, con la differenza che in uno veniva eseguito prima dell'allenamento (NHE_{BEF}) e nell'altro dopo (NHE_{AFT}), con cadenza bisettimanale.

Le misure di outcome includevano il picco di forza (peak torque) e i segnali elettromiografici (sEMG) di superficie dei muscoli bicipite femorale (BF) e semitendinoso (MH) durante le contrazioni eccentriche massime, eseguite a 30°/s.

L'esecuzione dell'NHE ha comportato un moderato aumento del picco di forza insieme al massimo sEMG in entrambi gli NHE rispetto al gruppo di controllo.

Si è ottenuto anche un leggero aumento dello spessore del BF nel NHE_{AFT} in confronto agli altri due gruppi.

Quel che si è ottenuto, dunque, è che un programma di rafforzamento eccentrico del bicipite femorale (NHE), della durata di 12 settimane, ha aumentato la forza e la sEMG in misura simile, indipendentemente dalla sua programmazione.

Studio 10: Efficacy of Multi-Component Exercise-Based Injury Prevention Programs on Injury Risk Among Footballers of All Age Groups: A Systematic Review and Meta-analysis.

Obërtinca et al. [40] nella loro revisione sistematica e metanalisi hanno esaminato l'efficacia dei programmi di prevenzione degli infortuni basati sull'esercizio fisico multicomponente tra i calciatori di tutte le fasce di età.

L'indagine è stata condotta attraverso la consultazione dei database di CINAHL, Cochrane, PubMed, Scopus e Web of Science.

Per valutare il rischio di bias e la qualità delle prove, sono stati utilizzati rispettivamente lo strumento Cochrane Risk of Bias e il sistema Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE).

Le misure di risultato considerate comprendevano il rapporto di rischio (RR) tra il gruppo di intervento e quello di controllo per il numero totale di infortuni, nonché per infortuni specifici in diverse regioni corporee, inclusi quelli da contatto e senza contatto, verificatisi durante il periodo di studio in allenamento e in partita.

Quindici studi controllati randomizzati e cluster-randomizzati, che coinvolgevano 22.177 giocatori, con un totale di 5080 infortuni e 1.587.327 ore di esposizione, hanno soddisfatto i criteri di inclusione e fornito le misure di risultato richieste.

La stima puntuale (RR) per il numero totale di infortuni è risultata essere 0,71, con prove di qualità molto bassa. Per quanto riguarda le lesioni al bicipite femorale, l'RR è stato 0,83, ma sempre con prove di bassa qualità. La stima puntuale (RR) per le lesioni da contatto è stata 0,70, con prove di qualità moderata, mentre per le lesioni senza contatto è stata 0,78, ma con prove di bassa qualità.

In conclusione, questa revisione sistematica e metanalisi suggerisce che l'efficacia dei programmi di prevenzione degli infortuni basati sull'esercizio fisico multicomponente nel calcio è incerta e non definitiva.

Inoltre, la maggior parte delle evidenze si basa su prove di bassa qualità. Pertanto, Obërtinca et al. concludono affermando che sono necessari futuri studi di alta qualità al fine di fornire prove più affidabili e conclusive.

Studio 11: Performance enhancement effects of Fédération Internationale de Football Association's "The 11+" injury prevention training program in youth futsal players.

Un altro protocollo di prevenzione prende il nome di FIFA 11+ ed è stata analizzata la sua efficacia nello studio di Reis et al. [41], in cui 36 giocatori di futsal (calcetto) di età compresa tra i 16 e i 18 anni hanno partecipato.

I giocatori sono stati randomizzati in un gruppo di controllo (n=18) o nel gruppo di intervento (n=18). Il gruppo di intervento ha eseguito il FIFA 11+ 2 volte a settimana per 12 settimane.

Le misure di outcome prese in considerazione erano: test isocinetici per la forza massimale del quadricipite (Q) e del bicipite femorale (H), salto verticale (squat SJ; salto in controtempo, CMJ), sprint da 5 e 30 metri, Sono state misurate anche le prestazioni di agilità, slalom ed equilibrio.

Il gruppo di intervento ha aumentato il picco di forza del quadricipite e degli hamstring, il rapporto funzionale H:Q, le prestazioni di SJ e CMJ e gli sprint da 5 e 30 metri, agilità e slalom. Il gruppo di intervento ha anche migliorato l'equilibrio, riducendo del 30% il numero di cadute nell'arto non dominante. Non sono stati osservati cambiamenti nel gruppo di controllo.

I risultati di questo studio suggeriscono che il "FIFA 11+" può essere utilizzato come un efficace mezzo di condizionamento per migliorare la forma fisica e prestazioni tecniche dei giovani giocatori.

Studio 12: The Effect of Exercise Compliance on Risk Reduction for Hamstring Strain Injury: A Systematic Review and Meta-Analyses.

Un'altra metanalisi è stata condotta da Ripley et al. [42], e il loro focus principale era sulla conformità degli atleti ai programmi di prevenzione delle lesioni muscolari ai flessori della coscia. Nel loro studio, affermano che l'allenamento eccentrico della forza può ridurre il rischio di lesioni da stiramento del bicipite femorale (HSI); tuttavia, la sua efficacia può essere influenzata dalla compliance degli atleti.

Lo scopo era quello di esaminare gli effetti della conformità, della coerenza e della modalità dell'intervento sulla prevenzione delle HSI tra gli atleti.

Inizialmente, sono stati identificati 868 studi, ma dopo l'applicazione dei criteri di esclusione, ne sono stati selezionati 13.

Per misurare la compliance e la coerenza, sono state utilizzate le seguenti fasce percentuali: molto alta (>75%), moderata (50-75%), bassa-moderata (25-50%), molto bassa (<25%), e il numero di sessioni a settimana: <1, 1-3, >3.

I risultati hanno mostrato che non vi erano differenze significative tra compliance e coerenza, ma un aumento di queste si è correlato con una maggiore efficacia del trattamento. Inoltre, è emersa una differenza significativa tra le modalità di intervento, con una maggiore efficacia negli interventi che includevano esercizi di rinforzo eccentrici.

Concludendo, Ripley et al. sostengono che gli interventi di allenamento che raggiungono elevati livelli di compliance e che possono essere eseguiti con regolarità dovrebbero essere un obiettivo prioritario nelle pratiche future.

Studio 13: Acute Hamstring Injury Prevention Programs in Eleven-a-Side Football Players Based on Physical Exercises: Systematic Review.

Rosado-Portillo et al. [43], come nello studio precedente, hanno condotto una ricerca per identificare i programmi di allenamento più efficaci nella prevenzione degli infortuni ai flessori nei calciatori, nonché per valutarne l'efficacia. Hanno condotto una revisione sistematica basata sulla metodologia PRISMA (dal 2008 al 2020), che ha incluso solo trial controllati randomizzati (RCT) che facevano uso esclusivamente di esercizi fisici come metodo di prevenzione.

I risultati hanno evidenziato la selezione di dieci studi che hanno esaminato 14 interventi diversi, tra cui nove programmi distinti: FIFA11+, Harmoknee, Nordic Hamstring Exercise (NHE) esclusivamente eccentrico, NHE con esercizi eccentrici, NHE con stretching o esercizi propriocettivi, New Warm-up Program (NWP), e Bounding Exercise Program (BEP), quest'ultimo l'unico senza risultati positivi.

Le variabili più frequentemente considerate sono state l'incidenza degli infortuni e la forza, con risultati favorevoli per entrambe.

I programmi che hanno incluso l'NHE, valutando l'incidenza delle lesioni, hanno dimostrato una costante efficacia.

Il programma FIFA11+ si è rivelato efficace sia nella riduzione dell'incidenza delle lesioni che nel miglioramento della forza. Il programma NWP ha dimostrato efficacia nell'incremento dell'equilibrio, della stabilità e della forza.

In generale, i programmi di esercizio analizzati hanno dimostrato di essere efficaci nella prevenzione delle lesioni acute ai flessori nei calciatori, ad eccezione del BEP e in parte dell'Harmoknee. Gli esercizi che prevedono l'uso della forza eccentrica, in particolare l'NHE, sono risultati particolarmente funzionali nella riduzione del rischio di lesioni.

I programmi più completi e promettenti sono risultati essere il FIFA11+ (per la riduzione dell'incidenza delle lesioni e il miglioramento della forza) e il NWP (per il potenziamento della forza, dell'equilibrio e della stabilità).

Studio 14: Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? - A cluster-RCT.

van de Hoef et al. [44], invece, hanno condotto un'indagine sul territorio olandese riguardante l'efficacia nella prevenzione degli infortuni attraverso esercizi pliometrici noti come BEP (Bounding Exercise Program).

In effetti, van de Hoef et al. sostengono che il tempismo e l'ampiezza dell'attivazione dei muscoli glutei e del core giocano un ruolo fondamentale nella prevenzione degli infortuni al bicipite femorale. Tuttavia, il programma NHE non è stato progettato per migliorare l'attivazione di questi muscoli. Pertanto, propongono l'allenamento pliometrico come alternativa per ridurre gli infortuni ai flessori nei calciatori.

Per condurre lo studio, trentadue squadre di calcio del campionato amatoriale di prima categoria sono state randomizzate in un gruppo di intervento e un gruppo di controllo. Entrambi i gruppi sono stati istruiti a continuare il loro programma di allenamento regolare, mentre il gruppo di intervento ha eseguito il BEP come aggiunta. Sono state raccolte informazioni sulle caratteristiche dei giocatori all'inizio dello studio e sono stati registrati settimanalmente l'esposizione, gli infortuni al bicipite femorale e la conformità al BEP durante la stagione 2016-2017.

I dati di 400 giocatori sono stati analizzati, rivelando che in totale 57 giocatori hanno subito 65 lesioni al bicipite femorale. L'incidenza degli infortuni è stata di 1,12 per 1000 ore nel gruppo di intervento e di 1,39 per 1000 ore nel gruppo di controllo.

Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative né nell'incidenza né nella gravità degli infortuni al bicipite femorale tra i due gruppi.

Van de Hoef et al. concludono riportando che, in questo ampio studio controllato randomizzato, non sono emerse prove a sostegno dell'efficacia dell'allenamento pliometrico nel ridurre gli infortuni ai flessori nei giocatori di calcio dilettanti.

Studio 15: The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial.

van der Horst et al. [45] hanno investigato l'effetto preventivo dell'esercizio NHE sull'incidenza e la gravità delle lesioni al bicipite femorale nei giocatori di calcio dilettanti maschi.

Lo studio ha coinvolto giocatori di calcio dilettanti maschi con un'età media di 24,5 anni, appartenenti a 40 squadre, che sono stati assegnati in modo casuale a un gruppo di intervento (n = 20 squadre, 292 giocatori) o a un gruppo di controllo (n = 20 squadre, 287 giocatori). Il gruppo di intervento è stato istruito a svolgere 25 sessioni di NHE in un periodo di 13 settimane.

Entrambi i gruppi, sia di intervento che di controllo, hanno continuato a seguire regolarmente l'allenamento di calcio e sono stati seguiti per quanto riguarda l'incidenza e la gravità delle lesioni al bicipite femorale durante l'anno solare 2013. Al basale, sono state raccolte le caratteristiche personali di tutti i partecipanti, come età, storia di infortuni e posizione in campo, attraverso un questionario. L'obiettivo principale dello studio era valutare l'incidenza delle lesioni.

I risultati hanno mostrato un totale di 38 lesioni al bicipite femorale, che hanno coinvolto 36 dei 579 giocatori (6,2%). Il tasso complessivo di incidenza delle lesioni è stato di 0,7 per 1000 ore di gioco, 0,33 durante gli allenamenti e 1,2 durante le partite. È emersa una significativa differenza nei tassi di incidenza delle lesioni tra il gruppo di intervento (0,25) e il gruppo di controllo (0,8). Il rischio di lesioni al bicipite femorale è risultato significativamente ridotto nel gruppo di intervento rispetto a quello di controllo ed è stato statisticamente relativo. Tuttavia, non sono state identificate differenze statisticamente significative tra i gruppi di intervento e di controllo per quanto riguarda la gravità delle lesioni. La conformità al protocollo di intervento è stata del 91%.

In conclusione, secondo lo studio di van der Horst, l'integrazione del protocollo NHE nell'allenamento regolare dei giocatori dilettanti ha dimostrato di ridurre significativamente l'incidenza delle lesioni al bicipite femorale, anche se non ne ha influenzato la gravità.

Studio 16: Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes.

Previene il Nordic Hamstring Exercise (NHE) le lesioni ai muscoli flessori quando incluso in programmi di prevenzione delle lesioni? È questa la domanda posta da Van Dyk et al. [46] nella loro revisione sistematica, che ha coinvolto un totale di 15 studi con un campione di 8459 atleti.

La popolazione di riferimento comprendeva tutti gli atleti che partecipavano a qualsiasi disciplina sportiva, mentre l'intervento considerato era l'esercizio NHE. A scopo di confronto, sono stati analizzati sia l'allenamento tradizionale che altri programmi di prevenzione che non includevano l'NHE. L'outcome principale preso in considerazione era l'incidenza o il tasso di lesioni ai muscoli flessori della coscia.

La ricerca degli studi è stata condotta tramite PubMed, Ebsco e OpenGrey.

I risultati hanno mostrato una significativa riduzione del rapporto di rischio complessivo per le lesioni, pari a 0,49, a favore dei programmi che includevano l'NHE. Analisi secondarie, che hanno incluso otto studi randomizzati di controllo, hanno indicato un modesto aumento del rapporto di rischio complessivo, pari a 0,52, sempre a favore dell'NHE. Tuttavia, l'esclusione degli studi con un elevato rischio di bias (n=8) ha comportato un aumento del rapporto di rischio di 0,06, portandolo a 0,55.

In conclusione, lo studio ha evidenziato che l'inclusione dell'NHE nei programmi di prevenzione delle lesioni riduce l'incidenza delle lesioni ai muscoli flessori della coscia fino al 51%. In pratica, l'NHE sembra dimezzare il tasso di lesioni ai muscoli flessori della coscia in vari sport e per diversi atleti.

Studio 17: The Effect of Hip Extension and Nordic Hamstring Exercise Protocols on Hamstring Strength: A Randomized Controlled Trial.

Nello studio condotto da Whyte et al. [47], oltre al Nordic Hamstring Exercise (NHE), è stato preso in considerazione anche l'esercizio di estensione dell'anca a 45° (HEE, Hip Extension Exercise) come parte del protocollo di prevenzione muscolare.

Questo studio ha evidenziato che la forza isocinetica eccentrica asimmetrica dei muscoli flessori, sia in generale che tra gli arti, potrebbe essere associata alle lesioni dei muscoli flessori, che principalmente colpiscono il bicipite femorale.

L'HEE mira a rafforzare i muscoli bicipiti femorali nella posizione di allungamento, nella quale il bicipite femorale è sottoposto al carico maggiore durante la corsa ad alta velocità. Tuttavia, l'effetto di un programma basato sull'HEE sulla forza isocinetica eccentrica dei muscoli flessori non è stato precedentemente studiato né confrontato con il programma Nordic Hamstring Exercise (NHE).

Nello studio, ventiquattro uomini, giocatori di football americano, sono stati casualmente assegnati a partecipare a un programma HEE o NHE della durata di 4 settimane. Prima e dopo l'intervento, sono state misurate le asimmetrie isocinetiche (a una velocità di 60°/s) del picco di forza eccentrica, il rapporto funzionale tra muscoli flessori e muscoli quadricipiti, e le asimmetrie di forza eccentrica tra gli arti (in valore assoluto e in percentuale). Inoltre, sono stati valutati i punteggi di dolore muscolare dopo l'esercizio mediante una scala analogica visiva.

Sono stati osservati effetti principali nel tempo sia per gli arti dominanti che non riguardo al picco di forza eccentrica e al rapporto funzionale tra muscoli flessori e muscoli quadricipiti. Non sono stati riscontrati effetti riguardo alla forza eccentrica isocinetica tra gli arti o alle asimmetrie in percentuale, né sono state osservate differenze significative nei punteggi di dolore muscolare tra i due gruppi.

Whyte et al. concludono affermando che un programma di 4 settimane basato sull'HEE ha dimostrato di aumentare la forza isocinetica eccentrica dei muscoli flessori in modo simile a quanto ottenuto con un programma NHE. Ciò suggerisce che il programma HEE potrebbe rappresentare una valida opzione all'interno di un programma di prevenzione delle lesioni ai muscoli flessori.

6.5.2 Studi sul trattamento

Studio 1: Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols.

Askling et al. [48] hanno condotto un confronto sull'efficacia di due protocolli di riabilitazione destinati ai giocatori di calcio d'élite svedesi che avevano subito un infortunio acuto al bicipite femorale.

La valutazione si è concentrata sul tempo necessario per il completo ritorno agli allenamenti di squadra e la disponibilità per partecipare alle partite.

In questo studio, sono stati coinvolti 75 giocatori di calcio con lesioni acute al bicipite femorale, confermate tramite risonanza magnetica. Questi giocatori sono stati assegnati in modo casuale a uno dei due protocolli di riabilitazione proposti. In particolare, 37 giocatori hanno seguito il protocollo L, che si concentrava su esercizi di allungamento, mentre 38 giocatori hanno aderito al protocollo C, che includeva esercizi convenzionali. Il principale parametro di misura era il numero di giorni necessari per tornare a pieno regime negli allenamenti e per essere pronti a partecipare alle partite. Inoltre, sono state monitorate eventuali recidive nell'arco di 12 mesi dal ritorno.

I risultati hanno evidenziato un significativo abbreviamento del tempo di ritorno per i giocatori che hanno seguito il protocollo L, con una media di 28 giorni, rispetto al protocollo C, con una media di 51 giorni. Indipendentemente dal protocollo, è emerso che le lesioni al bicipite femorale di tipo stretching richiedevano un tempo di recupero significativamente più lungo rispetto a quelle di tipo sprint. Nel dettaglio, nel protocollo L, la media del tempo di ritorno è stata di 43 giorni per lesioni di tipo stretching e 23 giorni per lesioni di tipo sprint. Nel protocollo C, i tempi di recupero sono stati di 74 giorni per lesioni di tipo stretching e 41 giorni per lesioni di tipo sprint. In entrambi i tipi di lesione, il protocollo L si è dimostrato significativamente più efficace rispetto al protocollo C. È importante sottolineare che è stata registrata una sola recidiva nel gruppo che aveva seguito il protocollo C.

In conclusione, questo studio evidenzia che un protocollo di riabilitazione focalizzato sugli esercizi di allungamento si è dimostrato più efficace di un protocollo basato su esercizi convenzionali nel promuovere un ritorno più rapido al gioco per i giocatori di calcio d'élite svedesi.

Studio 2: Platelet-rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial.

Lo studio condotto da Hamid et al. [49] aveva l'obiettivo di valutare l'efficacia di una singola iniezione di PRP (Plasma Ricco di Piastrine) nel trattamento delle lesioni muscolari di grado 2 del bicipite femorale.

Ventotto pazienti precedentemente diagnosticati con lesioni acute al bicipite femorale sono stati suddivisi in modo casuale in due gruppi: uno che ha ricevuto il trattamento con PRP autologo combinato con un programma di riabilitazione e l'altro che ha seguito esclusivamente il programma di riabilitazione standard. Il principale parametro di valutazione era il tempo necessario per il completo ritorno all'attività sportiva.

Inoltre, sono state monitorate le variazioni nel tempo della gravità del dolore e i punteggi di interferenza dovuti al dolore.

I risultati hanno dimostrato che i pazienti del gruppo trattato con PRP hanno raggiunto il pieno recupero significativamente prima rispetto ai pazienti del gruppo di controllo.

Il tempo medio di ritorno al gioco è stato di $42,5 \pm 20,6$ giorni nel gruppo di controllo e di $26,7 \pm 7,0$ nel gruppo PRP. Inoltre, nel gruppo PRP sono stati registrati punteggi significativamente inferiori per la gravità del dolore durante l'intero periodo di studio. Tuttavia, non sono emerse differenze significative nel punteggio dell'interferenza dovuta al dolore tra i due gruppi.

In conclusione, i risultati di questo studio indicano che una singola iniezione di PRP autologo, quando combinata con un adeguato programma di riabilitazione, risulta essere significativamente più efficace nel trattamento delle lesioni muscolari del bicipite femorale rispetto a un programma di riabilitazione standard.

Studio 3: Pain-Free Versus Pain-Threshold Rehabilitation Following Acute Hamstring Strain Injury: A Randomized Controlled Trial.

L'obiettivo primario dello studio condotto da Hickey et al. [50] era confrontare il tempo trascorso dal momento dell'insorgenza di una lesione acuta da stiramento del bicipite femorale (HSI) al ritorno al gioco (RTP) in seguito all'applicazione di un protocollo di riabilitazione standardizzato, il quale doveva essere eseguito entro limiti di assenza di dolore o entro una soglia del dolore tollerabile.

Gli obiettivi secondari includevano il confronto tra la forza isometrica dei flessori del ginocchio, la lunghezza dei fascicoli del bicipite femorale (BFLH), la paura del movimento e l'incidenza di re-infortuni a 6 mesi di follow-up.

Quarantatré uomini con lesioni acute da stiramento del bicipite femorale sono stati suddivisi casualmente in due gruppi: uno sottoposto a un programma di riabilitazione senza dolore (n = 22) e l'altro con soglia del dolore (n = 21).

I risultati hanno mostrato che il tempo mediano trascorso dall'insorgenza dell'HSI al ritorno al gioco non ha presentato differenze significative tra il gruppo senza dolore (15 giorni) e con soglia del dolore (17 giorni). Ma, nel gruppo con soglia del dolore, si è osservato un miglior recupero della forza isometrica dei flessori del ginocchio (rispettivamente del 15% a 90° di flessione dell'anca e 90° di flessione del ginocchio) al momento del rilascio per il ritorno al gioco e un miglioramento nella lunghezza dei fascicoli BFLH di almeno 0,91 cm al follow-up di 2 mesi. Inoltre, tra il rilascio per l'RTP e il follow-up a 6 mesi, sono state riportate due re-infortuni sia nel gruppo senza dolore che in quello con soglia del dolore.

Lo studio conclude affermando che la riabilitazione con soglia del dolore non ha accelerato il ritorno al gioco, ma ha favorito un miglior recupero della forza isometrica dei flessori del ginocchio e il mantenimento della lunghezza dei fascicoli BFLH rispetto alla riabilitazione senza dolore.

Studio 4: The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up.

Nel loro studio, Malliaropoulos et al. [51] si sono proposti di valutare gli effetti dello stretching nella riabilitazione delle lesioni ai muscoli flessori della coscia.

Sono stati monitorati 80 atleti greci, con un'età media di 20,5 anni, affetti da lesione di secondo grado dei muscoli flessori della coscia. Gli atleti sono stati suddivisi in due gruppi, A e B.

Per entrambi i gruppi, è stato calcolato il tempo necessario per recuperare la riduzione del ROM del ginocchio e il periodo complessivo prima che gli atleti potessero tornare a un programma di allenamento completo.

Nei risultati si è potuto osservare che il gruppo B, che ha seguito un programma di stretching più intensivo, ha dimostrato un significativo e statisticamente rilevante recupero della ROM normale ($5,57 \pm 0,71$ giorni) e del periodo di riabilitazione ($13,27 \pm 0,71$ giorni) rispetto al Gruppo A ($7,32 \pm 0,525$ giorni e $15,05 \pm 0,81$ giorni, rispettivamente).

I risultati suggeriscono dunque che lo stretching riveste un'importanza significativa nel trattamento delle lesioni muscolari, poiché migliora l'efficacia del programma di riabilitazione.

Studio 5: Rehabilitation for hamstring injuries.

Nella revisione sistematica condotta da Mason et al. [52], l'obiettivo primario era valutare l'efficacia di tutte le strategie di riabilitazione utilizzate per favorire il ritorno alla piena forza, all'ampiezza di movimento e alla funzionalità in individui affetti da lesioni al bicipite femorale, indipendentemente dalla loro localizzazione, gravità, cronicità o momento di insorgenza.

La ricerca è stata condotta su diverse fonti, tra cui il Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group Specialised Register, il Cochrane Central Register of Controlled Trials, MEDLINE, EMBASE, PEDro, CINAHL, AMED, SPORTDiscus e la piattaforma World Health Organization International Clinical Trials Registry.

Nella revisione sono stati inclusi due studi, con un totale di 104 partecipanti. Uno di questi ha esaminato l'efficacia dello stretching supplementare (quattro volte al giorno) rispetto a quello eseguito una volta al giorno, mentre l'altro ha confrontato l'uso dell'esercizio per correggere le disfunzioni del movimento con lo stretching e il rafforzamento muscolare.

Nel primo studio, che ha coinvolto 80 atleti d'élite, è emerso che lo stretching supplementare potrebbe ridurre il tempo necessario per il ritorno completo all'attività. Nel secondo studio, che ha coinvolto 24 partecipanti, non sono state trovate prove conclusive di una differenza significativa. Ma, è stato osservato che l'uso dell'esercizio per correggere le disfunzioni del movimento ha ridotto i tassi di reinfortunio all'8%, rispetto al 64% con le altre strategie. Nessuno dei due studi ha riportato ulteriori risultati significativi, in particolare riguardo al dolore e alla soddisfazione dei partecipanti.

Gran parte delle tecniche fisioterapiche proposte per la riabilitazione delle lesioni al bicipite femorale non è stata ancora sufficientemente valutata attraverso studi randomizzati controllati. Inoltre, i pochi studi disponibili presentano limitazioni come la partecipazione di un numero limitato di soggetti e la valutazione di esiti limitati. Esistono indicazioni limitate che suggeriscono che l'aumento della frequenza giornaliera degli esercizi di stretching per gli hamstring possa accelerare il recupero negli atleti d'élite. Allo stesso modo, ci sono risultati preliminari da un piccolo studio su atleti che suggeriscono che l'uso dell'esercizio per correggere le disfunzioni del movimento possa ridurre il tempo necessario per il ritorno all'attività completa e il rischio di reinfortunio. Tuttavia, come affermano Mason et al. nelle loro conclusioni, sono necessarie ulteriori ricerche per confermare questi risultati. Fino a quando non saranno disponibili ulteriori prove, la pratica attuale e i protocolli di riabilitazione ampiamente diffusi non possono essere né supportati né smentiti.

Studio 6: Effects of low-level laser therapy on hamstring strain injury rehabilitation: A randomized controlled trial.

Un'opzione di terapia fisica da prendere in considerazione è la terapia laser, e Medeiros et al. [53] hanno condotto uno studio per valutare l'efficacia della terapia laser a basso livello (LLLT) nel trattamento delle lesioni muscolari posteriori della coscia, in particolare gli stiramenti del muscolo bicipite femorale (HSI), in atleti dilettanti sottoposti a un programma di riabilitazione basato sull'esercizio fisico.

Gli atleti maschi, con un'età compresa tra 18 e 40 anni, che avevano subito un HSI, sono stati suddivisi casualmente in due gruppi: il gruppo LLLT e il gruppo placebo. Tutti i pazienti hanno partecipato allo stesso programma di riabilitazione basato sull'esercizio fisico fino a quando non hanno soddisfatto i criteri per il ritorno all'attività sportiva.

Dopo ogni sessione di riabilitazione, i muscoli degli hamstring sono stati trattati con LLLT o un placebo. Il principale parametro di valutazione era il tempo necessario per il ritorno all'attività sportiva. Gli esiti secondari includevano il numero di sessioni di riabilitazione, la flessibilità, la forza e il tasso di reinfortunio degli hamstring.

Inizialmente, ventiquattro atleti hanno iniziato il percorso di riabilitazione e solo 22 di loro (11 per ciascun gruppo) hanno completato il programma di studio.

I partecipanti nei gruppi LLLT e placebo avevano caratteristiche simili in termini di età, dimensioni corporee, tipo di infortunio e livelli iniziali di flessibilità e forza dei muscoli flessori. Entrambi i gruppi hanno mostrato un miglioramento simile nella flessibilità e nella forza durante il programma di riabilitazione. Il tempo necessario per il ritorno all'attività sportiva è stato comparabile tra gli atleti trattati con LLLT (23 ± 9 giorni) e quelli trattati con il placebo (24 ± 13 giorni). Inoltre, nei successivi 6 mesi dopo il ritorno all'attività sportiva, non sono state riportate nuove lesioni.

In conclusione, la terapia laser a basso livello, come utilizzata in questo studio, non ha dimostrato di migliorare in modo significativo la riabilitazione funzionale dopo un HSI in atleti dilettanti sottoposti a un programma di riabilitazione basato sull'esercizio fisico.

Studio 7: A Multifactorial, Criteria-based Progressive Algorithm for Hamstring Injury Treatment.

Questo studio condotto da Mendiguchia et al. [54] aveva l'obiettivo di valutare l'efficacia dell'uso concomitante di un algoritmo riabilitativo individualizzato e multifattoriale basato su criteri (RA, algoritmo riabilitativo) rispetto all'utilizzo di un protocollo riabilitativo generale (RP) nella riabilitazione delle lesioni al bicipite femorale.

Attraverso un approccio di studio randomizzato controllato in doppio cieco, sono stati formati due gruppi di 24 giocatori di calcio ciascuno (per un totale di 48 partecipanti), di cui uno è stato assegnato al gruppo RA e l'altro al gruppo RP.

Questa assegnazione è avvenuta cinque giorni dopo l'insorgenza di un infortunio acuto al bicipite femorale.

Entro i successivi sei mesi dal ritorno all'attività sportiva, si sono verificati sei reinfurtuni al bicipite femorale nel gruppo RP, rispetto a un solo infortunio nel gruppo RA.

Inoltre, è stata osservata una durata media del ritorno all'attività sportiva probabilmente più breve nel gruppo RP ($23,2 \pm 11,7$ giorni) rispetto al gruppo RA ($25,5 \pm 7,8$ giorni).

Al momento del ritorno all'attività sportiva, i giocatori del gruppo RA hanno dimostrato un miglioramento sostanziale nelle prove sui 10 metri, nella velocità massima di sprint e nelle variabili meccaniche correlate alla velocità, come la velocità teorica massima e la potenza orizzontale massima, rispetto al gruppo RP.

Dunque, sebbene il ritorno all'attività sportiva sia stato più lento nel gruppo RA, i giocatori di calcio maschi sottoposti a un algoritmo riabilitativo individualizzato, multifattoriale e basato su criteri, con un programma di allenamento orientato alle prestazioni e ai fattori di rischio primari fin dalle prime fasi del processo di riabilitazione, hanno significativamente ridotto il rischio di reinfurtuni rispetto a un protocollo generale che enfatizzava gli esercizi di forza a lunga durata e hanno permesso un ritorno all'attività con risultati migliori in termini di performance.

Studio 8: Efficacy of rehabilitation (lengthening) exercises, platelet-rich plasma injections, and other conservative interventions in acute hamstring injuries: an updated systematic review and meta-analysis.

Pas et al. [55] hanno condotto una revisione sistematica con l'obiettivo di aggiornare e rivalutare l'efficacia del trattamento conservativo per le lesioni ai flessori dell'anca.

I risultati della ricerca sono stati valutati in modo indipendente da due autori.

Per valutare il rischio di parzialità, è stata utilizzata una scala modificata di Downs e Black, con un punteggio massimo di 28. Se possibile, è stata condotta un'analisi combinata dei dati (metanalisi).

Sono stati individuati 10 studi randomizzati controllati (RCT) che includevano un totale di 526 partecipanti, di cui 6 erano nuovi RCT. Due dei RCT erano di alta qualità, mentre gli altri avevano una qualità discreta o scarsa (con un punteggio medio di Downs and Black di 16, IQR 9). L'analisi combinata di due studi sugli esercizi di riabilitazione (in particolare gli allungamenti) ha dimostrato una significativa riduzione del tempo necessario per il ritorno all'attività sportiva, ma non ha evidenziato differenze significative nel rischio di reinfurtuni. L'analisi combinata di tre studi sull'uso del plasma ricco di piastrine (PRP) non ha mostrato alcun effetto rispetto al gruppo di controllo. Inoltre, sono state trovate prove limitate che suggeriscono che l'allenamento progressivo dell'agilità e della stabilità del tronco possa contribuire a ridurre i tassi di reinfurtunio.

In sintesi, la metanalisi ha indicato che gli esercizi di riabilitazione sono risultati più efficaci nel trattamento delle lesioni ai flessori. L'uso dell'iniezione di PRP non ha mostrato benefici significativi nel trattamento delle lesioni acute del bicipite femorale. Inoltre, ci sono prove limitate sull'efficacia dell'allenamento progressivo dell'agilità e della stabilità del tronco nel ridurre i tassi di reinfurtunio.

Le limitazioni riscontrate nella maggior parte degli RCT sottolineano l'importanza di migliorare la progettazione dei futuri studi sugli infortuni ai flessori dell'anca.

Studio 9: The effects of cryotherapy versus cryostretching on clinical and functional outcomes in athletes with acute hamstring strain.

Lo stiramento dei muscoli posteriori della coscia rappresenta una lesione sportiva frequente che causa dolore e limitazioni nella capacità di movimento. Nonostante la sua alta incidenza tra gli individui attivi, non esiste un consenso unanime sulla migliore strategia per il trattamento precoce dello stiramento degli hamstring.

Lo studio condotto da Sefiddashti et al. [56] aveva l'obiettivo di confrontare gli effetti della crioterapia e del criostretching sui risultati clinici e funzionali in atleti affetti da uno stiramento acuto dei flessori.

Trentasette atleti di élite, affetti da uno stiramento acuto di grado I o II, sono stati assegnati in modo casuale a uno dei due gruppi di trattamento: il gruppo della crioterapia (n = 19) o del criostretching (n = 18). Ogni partecipante ha ricevuto cinque sessioni di trattamento supervisionato, seguite da un intervento a domicilio monitorato dal terapeuta. I ricercatori hanno confrontato i cambiamenti nel dolore, nell'ampiezza di movimento attivo e passivo dell'estensione del ginocchio e nello stato funzionale prima e dopo il trattamento.

I risultati hanno mostrato che il criostretching ha prodotto un miglioramento significativamente maggiore della funzione e dell'ampiezza di movimento passivo del ginocchio rispetto alla crioterapia. Tuttavia, non sono emerse differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda i cambiamenti nell'estensione attiva del ginocchio e nella gravità del dolore.

In conclusione, un protocollo riabilitativo che prevede l'uso del criostretching dopo la crioterapia si è dimostrato più efficace rispetto alla sola crioterapia nel migliorare la funzione e l'ampiezza di movimento passivo del ginocchio nei pazienti con uno stiramento dei muscoli posteriori della coscia di grado I e II.

Studio 10: Platelet-Rich Plasma Injection for the Treatment of Hamstring Injuries: A Systematic Review and Meta-analysis With Best-Worst Case Analysis.

Seow et al. [57], nella loro revisione sistematica, hanno voluto presentare l'evidenza relativa all'uso dell'iniezione di plasma ricco di piastrine (PRP) nel trattamento delle lesioni al bicipite femorale. L'obiettivo era valutare sia lo "scenario migliore" che quello "peggiore" in termini di risultati dicotomici.

È stata condotta una ricerca nei database PubMed, Embase e Cochrane Library, seguendo le linee guida PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Il livello di evidenza è stato valutato secondo i criteri dell'Oxford Centre for Evidence-Based Medicine, mentre la qualità dell'evidenza è stata analizzata utilizzando il Coleman Methodology Score. Per l'analisi statistica, è stata applicata la metanalisi con modelli a effetti fissi in caso di bassa eterogeneità e modelli a effetti casuali in caso di eterogeneità moderata o elevata.

I risultati hanno incluso 10 studi con un totale di 207 lesioni al bicipite femorale nel gruppo trattato con plasma ricco di piastrine e 149 nel gruppo di controllo. Nel modello a effetti fissi per il tempo medio di ritorno al gioco, che ha confrontato il trattamento con plasma ricco di piastrine associato a terapia fisica con la sola terapia fisica, si è osservato un significativo favore per il plasma ricco di piastrine + terapia fisica (differenza media, -5,70 giorni). Nel modello a effetti fissi per i tassi di reinfertuni, che ha confrontato il trattamento con plasma ricco di piastrine + terapia fisica con la sola terapia fisica, si è riscontrato un favore insignificante per il plasma ricco di piastrine + terapia fisica (rapporto di rischio, 0,88). Per lo scenario migliore dei tassi di reinfertunio, il modello a effetti fissi ha indicato un favore non significativo per il plasma ricco di piastrine + terapia fisica (rapporto di rischio, 0,82). Per lo scenario peggiore dei tassi di reinfertunio, il modello a effetti fissi ha indicato un favore non significativo per la sola terapia fisica (rapporto di rischio, 1,13). Il tasso medio di complicanze, comprese fastidio, dolore o irritazione del nervo sciatico dopo l'iniezione, è stato del 5,2%.

Lo studio conclude affermando che non sono emerse evidenze statisticamente significative che suggeriscano che l'iniezione di PRP abbia ridotto in modo significativo il tempo medio per il ritorno al gioco o i tassi di reinfertunio rispetto a nessun trattamento o alla sola terapia fisica in un breve periodo di follow-up. Tuttavia, i profili di complicanze sono risultati favorevoli.

Studio 11: A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains.

In questo studio di Sherry et al. [58], l'obiettivo principale era confrontare due programmi di riabilitazione per lesioni acute al bicipite femorale in termini di tempo di ritorno allo sport e tasso di reinfortunio nelle prime due settimane e nel primo anno dopo il ritorno allo sport. Inoltre, è stata esaminata la relazione tra le prestazioni nei test funzionali e il tempo di ritorno allo sport e il tasso di reinfortunio successivo al ritorno.

Ventiquattro atleti con lesioni acute al bicipite femorale sono stati divisi in due gruppi di riabilitazione. Undici atleti hanno seguito un protocollo basato su stretching statico, esercizi di resistenza specifica per gli hamstring e applicazione di ghiaccio (gruppo STST). Tredici atleti hanno invece adottato un programma che includeva esercizi progressivi di agilità e stabilizzazione del tronco, oltre all'uso del ghiaccio (gruppo PATS). Il tempo medio di ritorno allo sport nel gruppo STST è stato di $37,4 \pm 27,6$ giorni, mentre nel gruppo PATS è stato di $22,2 \pm 8,3$ giorni. Tuttavia, questa differenza non è risultata statisticamente significativa. Nelle prime due settimane dopo il ritorno allo sport, il tasso di reinfortunio è stato significativamente più alto nel gruppo STST, con il 54,5% degli atleti che ha subito una nuova lesione rispetto allo 0% nel gruppo PATS. Dopo un anno dal ritorno allo sport, il tasso di reinfortunio è rimasto significativamente più alto nel gruppo STST, con il 70% degli atleti che ha subito una nuova lesione rispetto al 7,7% nel gruppo PATS.

Questo studio indica che un programma di riabilitazione basato su esercizi di agilità progressiva e stabilizzazione del tronco è più efficace rispetto a un programma che mette l'accento sullo stretching e il rinforzo isolato del bicipite femorale per favorire il ritorno allo sport e prevenire le recidive in atleti con lesioni acute al bicipite femorale.

Studio 12: Clinical and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomized clinical trial.

Silder et al. [59] hanno condotto uno studio per valutare le differenze tra due programmi di riabilitazione progressiva: uno basato sull'agilità e la stabilizzazione del tronco e l'altro sulla corsa e il rafforzamento eccentrico, nel contesto di lesioni acute al bicipite femorale.

Lo scopo era determinare quale tipo di programma di riabilitazione favorisse in modo più efficace il recupero muscolare e funzionale, riducendo al minimo il rischio di reinfortunio e migliorando le prestazioni degli atleti.

I partecipanti con lesioni acute al bicipite femorale sono stati assegnati in modo casuale a uno dei due programmi di riabilitazione. Sono stati effettuati esami fisici e risonanze magnetiche prima e dopo il completamento della riabilitazione.

Dei 31 soggetti arruolati, 29 hanno iniziato la riabilitazione e 25 l'hanno completata. Le differenze nelle misure cliniche e morfologiche tra i due gruppi di riabilitazione sono risultate limitate nel corso del tempo, e i tassi di reinfortunio sono stati bassi in entrambi i gruppi dopo il ritorno allo sport (solo 4 dei 29 soggetti hanno riportato reinfortuni).

È emerso che una maggiore estensione cranio-caudale della lesione, misurata tramite risonanza magnetica, era correlata a un ritorno allo sport più tardivo. Al momento del ritorno allo sport, sebbene tutti i soggetti avessero risolto quasi completamente il dolore e recuperato la forza muscolare, nessuno di essi aveva una completa risoluzione della lesione secondo la valutazione della risonanza magnetica.

In sintesi, i due programmi di riabilitazione utilizzati nello studio hanno prodotto risultati simili in termini di recupero e funzionalità del muscolo del bicipite femorale al momento del ritorno allo sport. Tuttavia, è stata osservata una continua guarigione muscolare anche dopo il completamento della riabilitazione, nonostante l'apparente normalità nella forza muscolare e nelle funzioni fisiche durante l'esame clinico.

Studio 13: Early versus delayed lengthening exercises for acute hamstring injury in male athletes: a randomised controlled clinical trial.

Vermeulen et al. [60] hanno condotto uno studio randomizzato controllato per valutare l'efficacia dell'introduzione precoce o ritardata di esercizi di allungamento (rafforzamento eccentrico) come aggiunta a un programma di riabilitazione consolidato, riguardo alla durata del ritorno allo sport nelle lesioni acute del bicipite femorale.

Nel totale, 90 partecipanti di sesso maschile con lesioni acute del bicipite femorale, confermate mediante risonanza magnetica, sono stati randomizzati in due gruppi: uno che ha iniziato gli esercizi di allungamento il primo giorno di riabilitazione e l'altro dopo aver raggiunto il 70% della velocità massima nella corsa. Entrambi i gruppi hanno seguito il medesimo programma di riabilitazione consolidato.

L'outcome primario era il tempo di ritorno allo sport, definito come il periodo trascorso dall'infortunio fino al completo ripristino dell'attività sportiva senza limitazioni. Un outcome secondario era il tasso di reinfortunio entro 12 mesi dal ritorno allo sport, oltre a vari altri risultati al momento del ritorno allo sport, come il test di Askling H, la forza del bicipite femorale, l'esame clinico e le valutazioni sulla preparazione fisica.

I risultati hanno mostrato che nel gruppo che ha iniziato gli esercizi di allungamento precocemente, il tempo medio di ritorno allo sport è stato di 23 giorni, mentre nel gruppo che ha iniziato tardi, è stato di 33 giorni. L'analisi statistica ha rivelato che non vi era una differenza significativa tra i due gruppi per quanto riguarda il tempo di ritorno allo sport. Inoltre, non sono state riscontrate differenze significative tra i gruppi per quanto riguarda il tasso di reinfortunio entro 2 mesi, 2-6 mesi e 6-12 mesi dopo il ritorno allo sport.

In conclusione, lo studio ha rilevato che l'accelerazione dell'introduzione degli esercizi di allungamento nella riabilitazione delle lesioni al bicipite femorale negli atleti maschi non ha comportato un miglioramento significativo nel tempo di ritorno allo sport né nel rischio di reinfortunio.

7. Risultati

7.1 Risultati studi sulla prevenzione

Tecniche di prevenzione

In base ai 17 studi inclusi nell'analisi, sono stati estrapolati i dati sulle diverse modalità di preparazione fisica e/o sulle terapie somministrate agli atleti per la prevenzione.

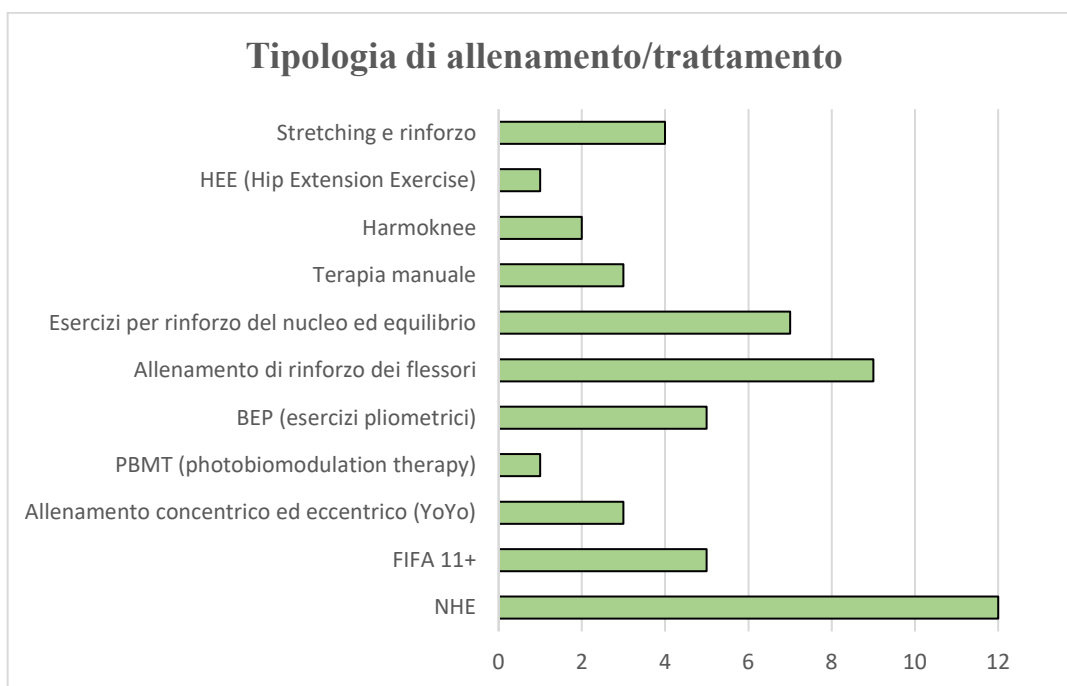


Tabella 10. Tipologie di allenamento/trattamento presenti all'interno degli studi sulla prevenzione alle lesioni agli hamstring.

Emerge chiaramente che il Nordic Hamstring Exercise, conosciuto con l'abbreviazione "NHE", viene riferita come la modalità di allenamento più ampiamente adottata e diffusa. Nella tabella segue la voce dell'allenamento convenzionale. Nonostante non sia sempre riferito in letteratura, il tipo di esercizi impiegati in alcuni studi vengono riferiti programmi di rafforzamento muscolare che includono esercizi mirati ai flessori. Nei casi in cui gli studi non menzionino esplicitamente NHE, YoYo o altri programmi specifici, tutto è stato riportato nel grafico alla stringa "allenamento di rinforzo dei flessori".

Tra le modalità di allenamento con 7 menzioni all'interno degli studi troviamo gli esercizi di rinforzo del core e dell'equilibrio.

Questa definizione include esercizi volti a potenziare i muscoli addominali, i flessori dell'anca e i glutei, oltre a esercizi propriocettivi che possono coinvolgere dispositivi come la balance board o la palla bosu.

Con una frequenza di 5 menzioni ciascuno, troviamo il BEP, un programma di allenamento basato su esercizi pliometrici e quindi principalmente su balzi, e il FIFA 11+, che è un programma di riscaldamento e prevenzione degli infortuni sviluppato dalla FIFA stessa per il calcio.

Infine, con una frequenza inferiore o uguale a 4 menzioni, troviamo le seguenti modalità di allenamento/trattamento: stretching e rinforzo, YoYo, terapia manuale, Harmoknee, HEE e PBMT (fotobiomodulazione terapeutica).

Indicatori relativi alla prevenzione

I 17 studi identificati hanno rilevato la presenza di diversi indicatori su cui costruire, ognuno, la propria analisi.

Nella [Tabella 11] sono stati elencati tutti questi elementi e ne è stata determinata la frequenza con la quale sono emersi all'interno degli studi stessi:

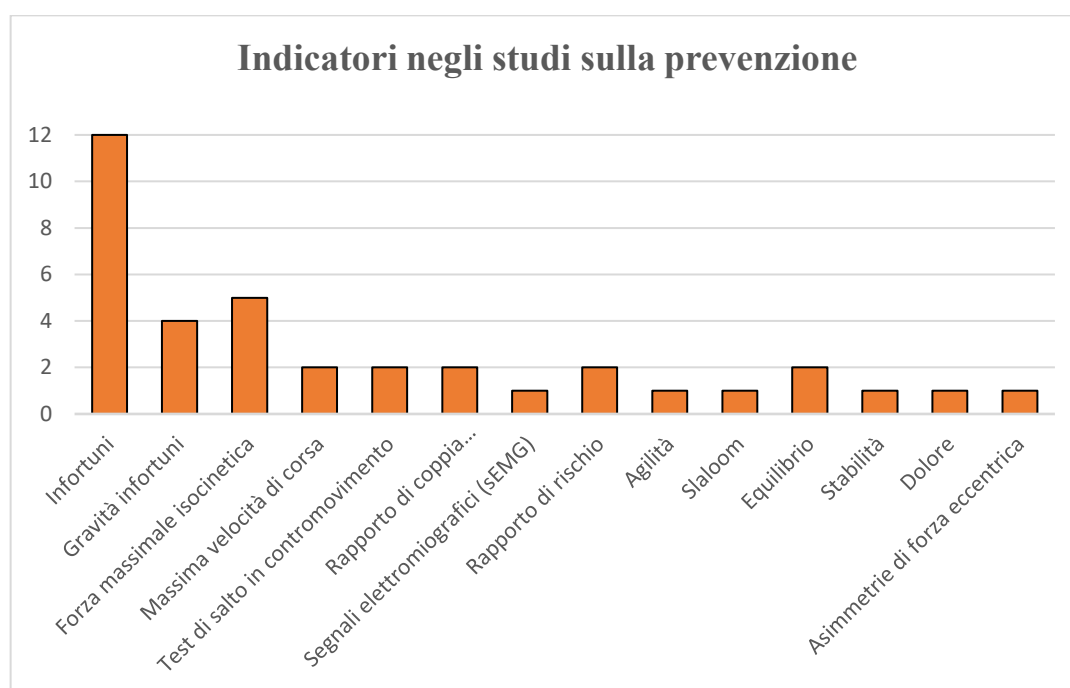


Tabella 11. Indicatori presenti negli studi

È evidente come il numero di infortuni, sia maggiormente presente.

Seguono la forza massimale isocinetica e la gravità degli infortuni, con una frequenza di 5 e 4, rispettivamente. Altri indicatori sono presenti con valori di 1-2 in tutti gli studi.

7.2 Analisi degli studi sulla prevenzione

Secondo quanto detto in precedenza, il parametro maggiormente preso in considerazione è stato il numero di infortuni che si sono manifestati negli allenamenti o nelle partite dei calciatori che sono stati esaminati. Dunque, l'analisi che ho compiuto per valutare gli studi sulla prevenzione si basa principalmente su questo parametro.

I protocolli "allenamento di rinforzo dei flessori" e "esercizi per rinforzo del nucleo ed equilibrio" saranno esclusi dalla valutazione. Questo perché, essendo privi di una struttura specifica definita (negli studi che fanno riferimento a tali pratiche, il protocollo non è uniforme ma varia in ogni studio), non possono essere considerati come opzioni valide.

NHE

L'NHE risulta essere il mezzo di prevenzione più citato. Analizzando l'efficacia di questo tipo di trattamento, quello che ne viene fuori è il seguente:

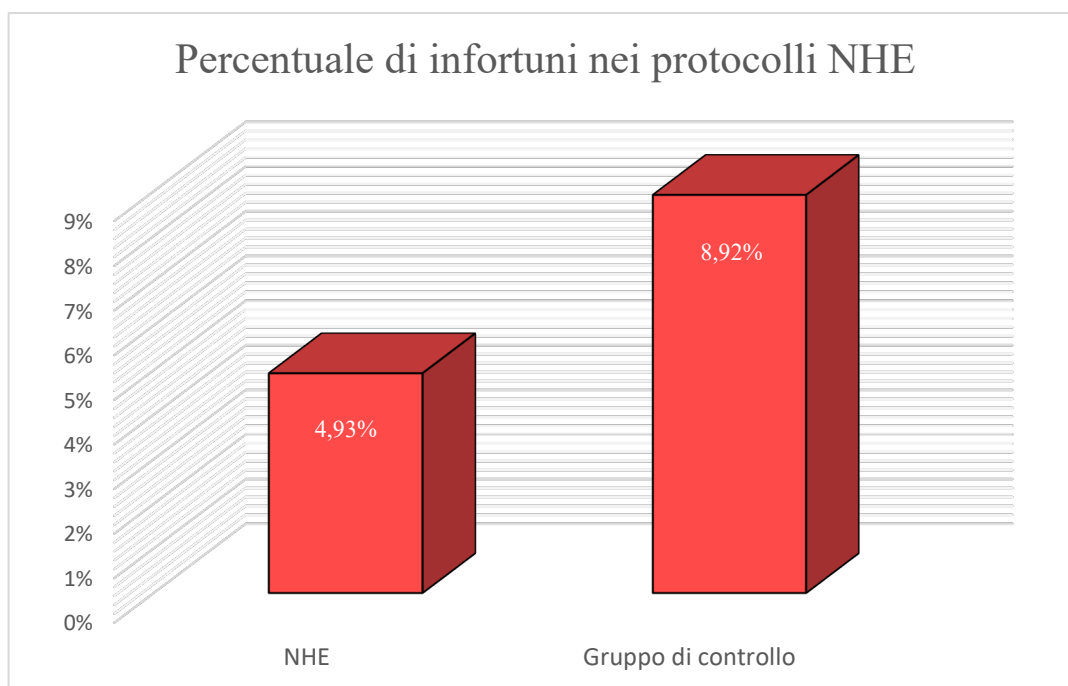


Tabella 12. Percentuale della manifestazione di infortuni nei protocolli NHE

Questo grafico deriva dall'analisi del numero totale di infortuni che si sono manifestati in calciatori che hanno seguito il protocollo NHE (un totale di 327 infortuni su 6628 calciatori presi in considerazione) e in quelli che invece hanno seguito un altro programma di prevenzione, differente dal NHE, che rientravano nei gruppi di controllo (633 infortuni su 7091 calciatori).

BEP

A seguito del NHE, come metodologia di allenamento preventiva specifica, troviamo il BEP (Bounding Exercise Programme).

Analizzando la sua efficacia all'interno degli studi, quello che ne risulta viene descritto nella [Tabella 13].

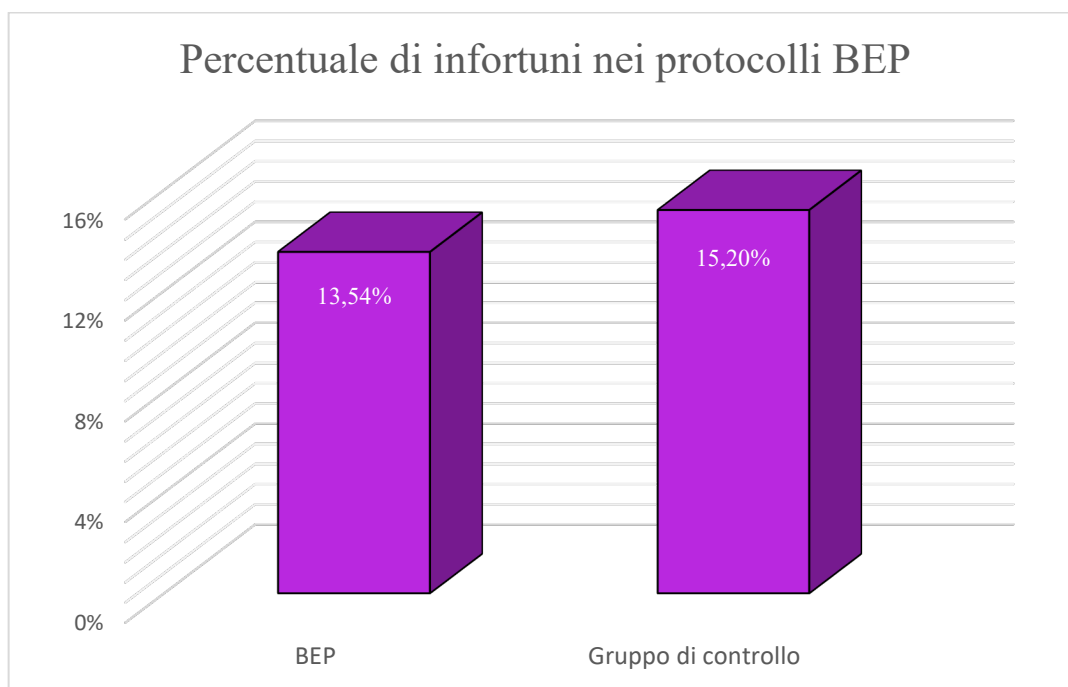


Tabella 13. Percentuale della manifestazione degli infortuni nei protocolli che prevedevano il BEP come strumento di prevenzione a confronto con i gruppi di controllo

Questo diagramma è risultato dall'analisi del totale degli incidenti verificatisi tra i giocatori di calcio che hanno aderito al protocollo BEP (con un totale di 124 infortuni su un campione di 916 calciatori valutati), rispetto a coloro che invece hanno adottato un diverso piano di prevenzione, non associato al BEP, e facevano parte dei gruppi di controllo (104 infortuni su 684 calciatori presi in esame).

FIFA 11+

Oltre al BEP, tra le metodologie di allenamento preventivo specifiche, si trova anche il programma FIFA 11+ con la stessa frequenza di citazione.

L'efficacia di quest'ultimo, basata sull'analisi condotta negli studi, è riportata dettagliatamente nella [Tabella 14].

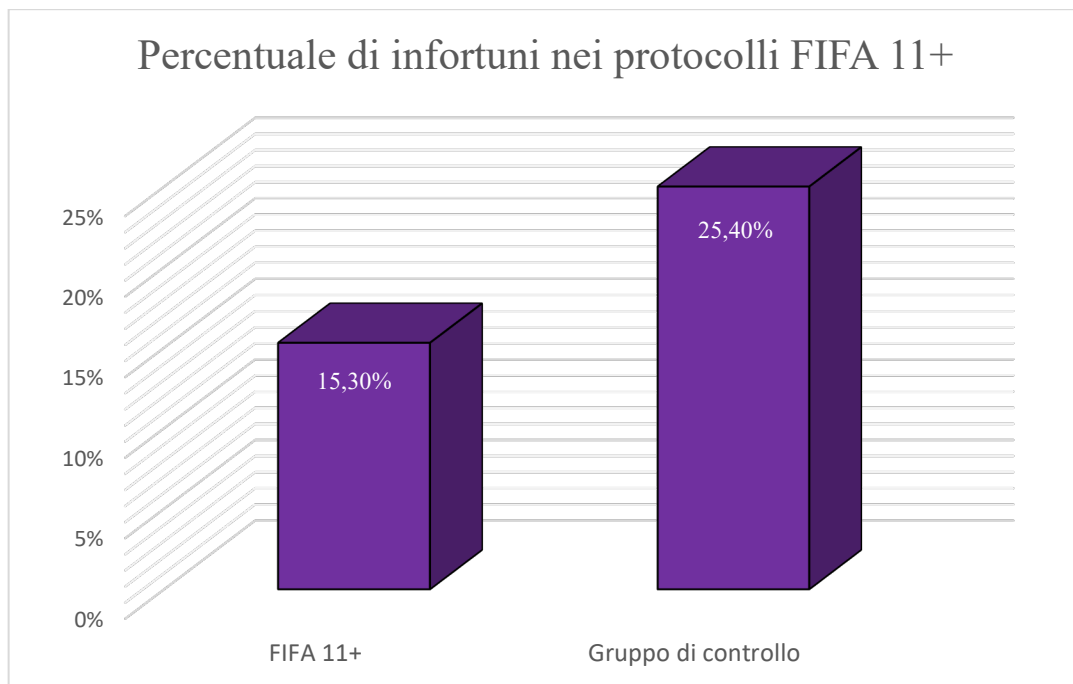


Tabella 14. Percentuale della manifestazione degli infortuni nei protocolli che prevedevano l'utilizzo del FIFA 11+ come strumento di prevenzione a confronto con i propri gruppi di controllo

La colonna di sinistra rappresenta gli infortuni che si sono verificati tra i calciatori che hanno seguito il protocollo FIFA 11+ (con un totale di 2137 infortuni su una popolazione di 13936 calciatori oggetto di studio).

Mentre quella di destra si riferisce a coloro che hanno adottato una diversa strategia di prevenzione, non correlata al protocollo FIFA 11+, e che appartenevano ai gruppi di controllo (con un totale di 3405 infortuni su 13419 calciatori sottoposti all'analisi).

7.3 Risultati sul trattamento

Tecniche di trattamento post-infortunio

A differenza degli studi sulla prevenzione, i risultati ottenuti dagli studi sul trattamento post-infortunio risultano essere molto più eterogenei, presentando diverse tipologie di intervento e nessuna di queste supera le 4 citazioni all'interno delle analisi selezionate.

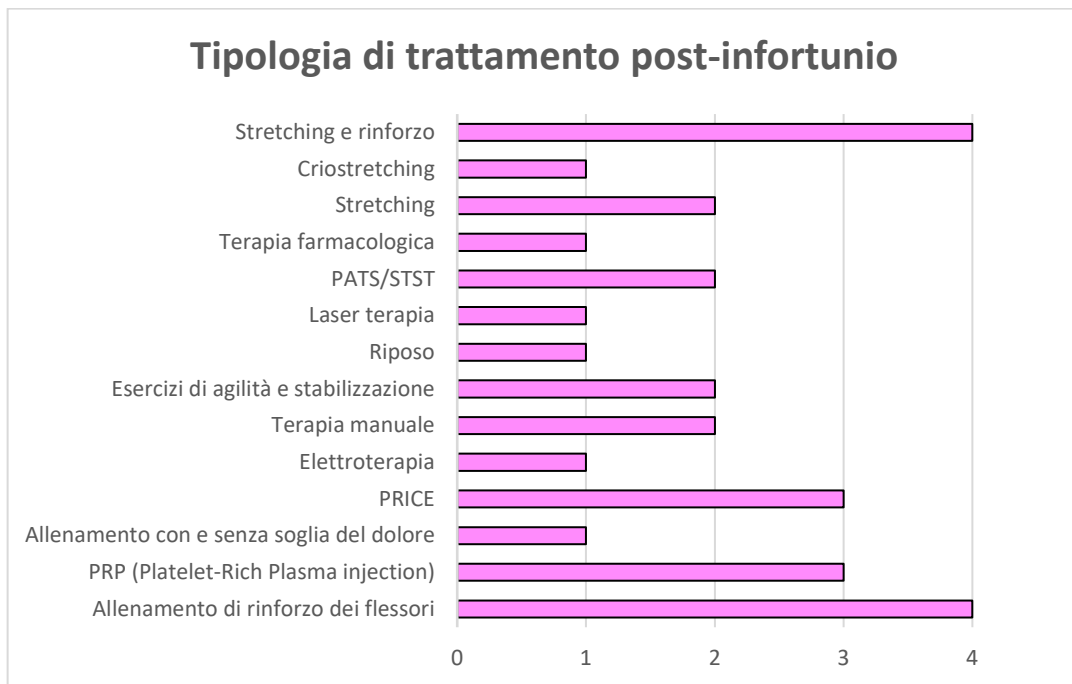


Tabella 15. Tipologie di intervento post-infortunio citati degli studi sul trattamento delle lesioni agli hamstring.

Le due tipologie di intervento maggiormente citate comprendono l'allenamento generico per il rafforzamento dei flessori, non specificamente definito, e l'approccio che combina lo stretching con il rafforzamento muscolare.

In seguito, troviamo il PRP (Platelet-Rich Plasma injection, iniezione di plasma ricco di piastrine nel sangue) e il protocollo PRICE (Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation).

Successivamente, con una frequenza che varia da 1 a 2 menzioni, sono elencate tutte le altre modalità di intervento.

Indicatori relativi al trattamento

I 13 studi identificati hanno rilevato la presenza di diversi indicatori su cui costruire, ognuno, la propria analisi.

Tutti questi criteri sono stati riportati nella [Tabella 16], con la relativa frequenza di comparizione nei suddetti studi:

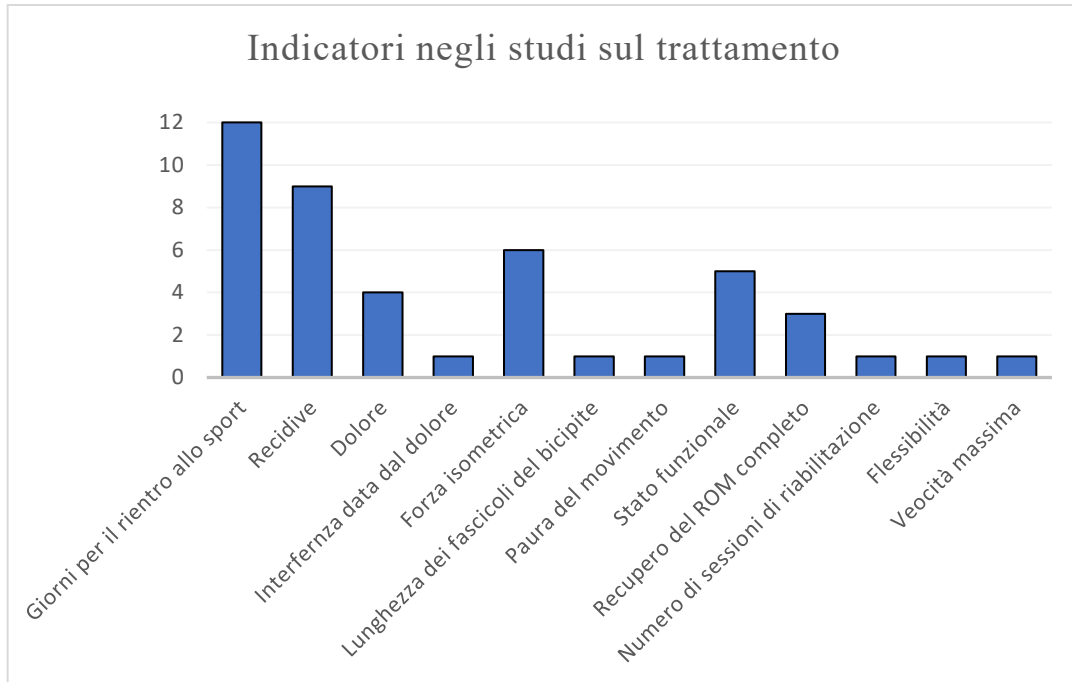


Tabella 16. Indicatori degli studi sul trattamento

È immediatamente evidente che l'aspetto più citato negli studi è il numero di giorni necessari per il ritorno all'attività sportiva, ed è presente praticamente in tutti gli studi esaminati (12 su 13). A seguire, troviamo la ricorrenza di lesioni, con una frequenza negli studi di 9, mentre la forza isocinetica e lo stato funzionale seguono con frequenze di 6 e 5, rispettivamente. Gli altri indicatori, citati in letteratura, ad eccezione del dolore e del completo recupero dell'ampiezza di movimento (ROM) con frequenze di 4 e 3, sono riportate solo una volta tra tutti gli studi.

7.4 Analisi degli studi sul trattamento

Come menzionato nel capitolo precedente, l'aspetto più rilevante che è stato considerato è il periodo di tempo necessario per il ritorno all'attività sportiva dopo un infortunio dei calciatori esaminati. Pertanto, la mia valutazione degli studi riguardanti il trattamento si concentra principalmente su questa variabile.

I protocolli “stretching e rinforzo” e “allenamento di rinforzo dei flessori” non verranno presi in considerazione in quanto, non essendo dei protocolli specifici ben delineati (negli studi che menzionano questo tipo di pratica, il protocollo non è fisso ma può variare da studio a studio), non possono rappresentare una opzione valida.

PRICE

Il protocollo PRICE, secondo i risultati ottenuti, risulta essere il protocollo maggiormente citato e, secondo quanto detto prima, i tempi medi di recupero per coloro che hanno adoperato questo protocollo è indicato nella [Tabella 17].

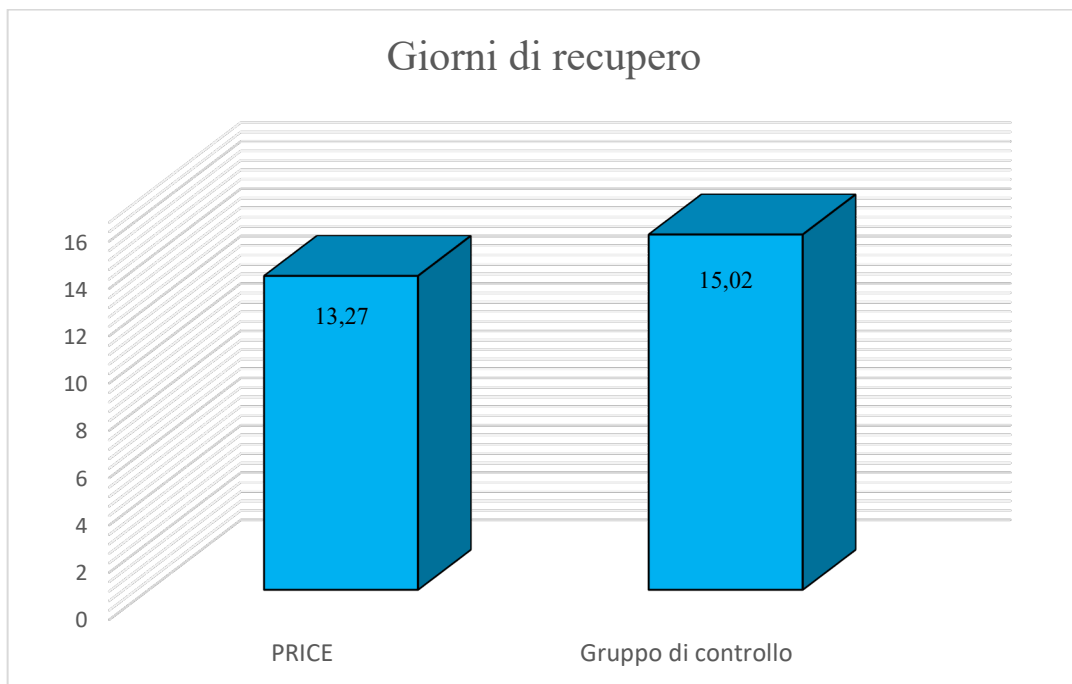


Tabella 17. Confronto dei tempi di recupero tra i protocolli che prevedevano l'utilizzo del PRICE come strategia d'intervento a confronto con i propri gruppi di controllo

La parte sinistra del grafico indica il periodo medio in cui i calciatori tornano all'attività sportiva dopo aver seguito il protocollo PRICE, che ammonta a una media di 13,27 giorni. Invece, il lato destro del grafico mostra il periodo medio in cui i calciatori, appartenenti ai gruppi di controllo, che hanno optato per un diverso approccio di prevenzione non collegato al protocollo PRICE, ritornano all'attività sportiva, con una media di 15,02 giorni.

PRP (Platelet-Rich Plasma injection)

Il PRP, secondo quanto visto dai risultati, risulta essere il protocollo maggiormente citato insieme al PRICE e i tempi medi di recupero per coloro che hanno adoperato questo protocollo è indicato nella [Tabella 18].

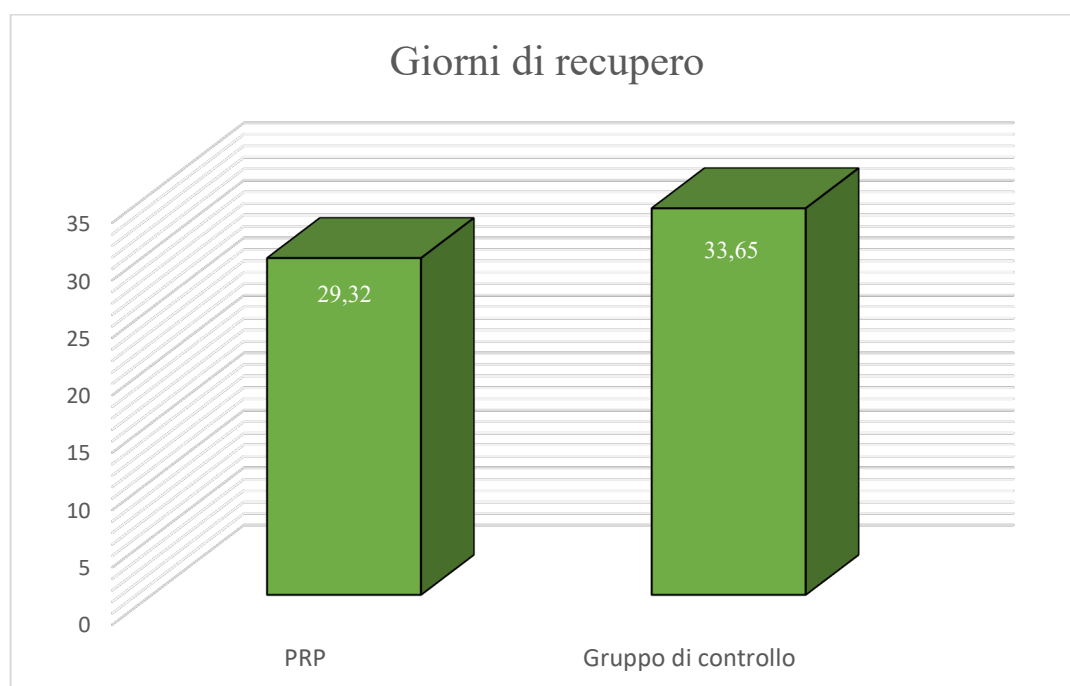


Tabella 18. Confronto dei tempi di recupero tra i protocolli che prevedevano l'utilizzo del PRP come strategia d'intervento a confronto con i propri gruppi di controllo

La durata media necessaria per tornare all'attività sportiva dopo aver sottoposto al trattamento con PRP si attesta a 29,32 giorni in media. Al contrario, i gruppi di controllo che hanno scelto un'alternativa alla terapia PRP per la prevenzione, impiegano in media 33,65 giorni per riprendere l'attività sportiva.

8. Conclusioni

Dai risultati che ho ottenuto potrebbe essere possibile stilare un protocollo di prevenzione. Il NHE è l'esercizio con più documentazioni scientifiche a supporto e, oltre questo, sembra essere un protocollo efficace. Come si evince dai risultati, sembrerebbe che riduca significativamente il numero di infortuni.

Un altro protocollo che ha riscontrato parecchi risultati positivi sembra essere il FIFA 11+ che, come detto in precedenza, è il secondo protocollo più citato e secondo le analisi dei dati ha ridotto significativamente il numero di infortuni manifestatosi.

Per queste ragioni ritengo che questi due programmi di prevenzione infortuni debbano essere inseriti nel protocollo di prevenzione infortuni agli hamstring.

Mentre invece, il Bounding Exercise Program (BEP) non sembra avere un'incidenza così elevata da poter essere preso in considerazione nonostante l'ampia letteratura che lo cita.

Tuttavia, per quanto riguarda la parte del trattamento post-infortunio, la vasta eterogeneità dei protocolli applicati e la grande differenza riscontrata negli indicatori utilizzati dagli studi per compiere le proprie valutazioni hanno impedito la mia analisi. Infatti, dai dati che ne derivano, i risultati appaiono essere poco consistenti e non è stato possibile effettuare un confronto con gli altri protocolli avendo un parametro di paragone consistente.

Un'ampia problematica che ho riscontrato durante la stesura della mia Tesi è stato il fatto che tanti protocolli citati negli studi selezionati risultano essere poco specifici e alcune volte non determinati, per questa ragione molti dati sono stati esclusi dalle mie considerazioni finali.

9. Bibliografia e Sitografia

- [1] Morroni M. (2017). Anatomia funzionale e imaging – sistema locomotore. *Edi.Ermes*.
- [2] Stanfield C. L. (2017). Principles of Human Physiology – VI edition. *EdiSES*.
- [3] Sandro Fioretti. (2021). Analisi strumentale mediante stereo-fotogrammetria: la cinematica. *Learn Univpm*.
https://learn.univpm.it/pluginfile.php/639069/mod_resource/content/1/Lezione_seminario_cinematica_stereofot_cammino.pdf
- [4] Flores, D. V., Mejía Gómez, C., Estrada-Castrillón, M., Smitaman, E., & Pathria, M. N. (2018). MR Imaging of Muscle Trauma: Anatomy, Biomechanics, Pathophysiology, and Imaging Appearance. *Radiographics: A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc*.
- [5] Pollock, N., James, S. L. J., Lee, J. C., & Chakraverty, R. (2014). British athletics muscle injury classification: A new grading system. *British Journal of Sports Medicine*.
- [6] Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M., & Heiss, R. (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*.
- [7] Rahnema N, Reilly T, Lees A. (2002). Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *British Journal of Sports Medicine*
- [8] Paolo Pirozzi. (2019). Lesione muscolare: non la devi trascurare.
<https://www.fisiocalcio.it/lesioni-muscolari/>
- [9] Robles-Palazón FJ, López-Valenciano A, De Ste Croix M, Oliver JL, García-Gómez A, Sainz de Baranda P, Ayala F. (2022) Epidemiology of injuries in male and female youth football players: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci*.
- [10] Brophy RH, Backus SI, Pansy BS, Lyman S, Williams RJ. (2007). Lower extremity muscle activation and alignment during the soccer instep and side-foot kicks. *J Orthop Sports Phys Ther*.
- [11] López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Garcia-Gómez A, Vera-Garcia FJ, De Ste Croix M, Myer GD, Ayala F. (2020) Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*.

- [12] Pfirrmann D, Herbst M, Ingelfinger P, Simon P, Tug S. (2016). Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. *J Athl Train*.
- [13] Freckleton G, Pizzari T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*.
- [14] Woods C, Hawkins RD, Maltby S, et al. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*
- [15] Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, et al. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*
- [16] Sugiura Y, Saito T, Sakuraba K, et al. (2008). Strength deficits identified with concentric action of the hip extensors and eccentric action of the hamstrings predispose to hamstring injury in elite sprinters. *J Orthop Sports Phys Ther*
- [17] Bennell K, Wajswelner H, Lew P, et al. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med*.
- [18] Wikipedia. (2022). Sprint. <https://it.wikipedia.org/wiki/Sprint>
- [19] Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. (2007). Acute First-Time Hamstring Strains during High-Speed Running: A Longitudinal Study Including Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings. *The American Journal of Sports Medicine*.
- [20] Nicola TL, Jewison DJ. (2012). The anatomy and biomechanics of running. *Clin Sports Med*.
- [21] Angelo Iervolino. (2011). Il tiro in porta. <https://www.mistermanager.it/il-tiro-in-porta-prima-puntata/#:~:text=Per%20definizione%20il%20tiro%20si,che%20appunto%20%C3%A8%20fare%20gol.&text=Come%20abbiamo%20gi%C3%A0%20detto%20il,fin e%20di%20cercare%20il%20gol>.
- [22] Performance Lab. (2020). Nordic Hamstring: descrizione, esecuzione e validità. <https://blog.performancelab16.com/nordic-hamstring/>
- [23] Giacone U. (2011). FIFA Eleven Plus. <https://footballexplorer.it/2019/07/fifa-eleven-plus/>

- [24] Capello R. (2017). L'allenamento isoinerziale: prevenzione e allenamento <https://riccardocapello.it/isoinerziale/>
- [25] Pedemonte S. (2023). Bounding Exercise. <https://www.yourhousefitness.com/blog/learn-how-to-do-the-bounding-exercise>
- [26] Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. (2016). Effects of the 11+ and Harmoknee Warm-up Programs on Physical Performance Measures in Professional Soccer Players. *J Sports Sci Med*.
- [27] Aversano D. (2018). Hyper extension glutei – guida pratica esercizio. <https://skepticaldragoon.it/2018/03/20/hyperextension-glutei/>
- [28] Bertelli G. (2020). PRP – Plasma ricco di piastrine: cos'è? A cosa serve? <https://www.my-personaltrainer.it/salute/prp.html>
- [29] Tesio L. (2022). Laserterapia. <https://www.auxologico.it/laserterapia>
- [30] Moretti G. (2018). Il rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni ai muscoli ischio-crurali: revisione basata sull'evidenze <https://amslaurea.unibo.it/18264/1/Tesi%20di%20laurea%20-%20Giacomo%20Moretti.pdf>
- [31] Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*.
- [32] Biz C, Nicoletti P, Baldin G, Bragazzi NL, Crimi A, Ruggieri P. (2021). Hamstring Strain Injury (HSI) Prevention in Professional and Semi-Professional Football Teams: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*.
- [33] Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiply BF. (2020). Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *Br J Sports Med*.
- [34] Dornelles MP, Fritsch CG, Sonda FC, Johnson DS, Leal-Junior ECP, Vaz MA, Baroni BM. (2019). Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. *Lasers Med Sci*.
- [35] Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. (2008). Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized

- intervention study targeting players with previous injuries or reduced function. *Am J Sports Med.*
- [36] Goldman EF, Jones DE. (2010). Interventions for preventing hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev.*
- [37] Goode AP, Reiman MP, Harris L, DeLisa L, Kauffman A, Beltramo D, Poole C, Ledbetter L, Taylor AB. (2015). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.*
- [38] Hibbert O, Cheong K, Grant A, Beers A, Moizumi T. (2008). A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals. *N Am J Sports Phys Ther.*
- [39] Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. (2018). Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sports.*
- [40] Obërtinca R, Hoxha I, Meha R, Lama A, Bimbashi A, Kuqi D, Shabani B, Meyer T, der Fünten KA. (2023). Efficacy of Multi-Component Exercise-Based Injury Prevention Programs on Injury Risk Among Footballers of All Age Groups: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.*
- [41] Reis I, Rebelo A, Krstrup P, Brito J. (2013). Performance enhancement effects of Fédération Internationale de Football Association's "The 11+" injury prevention training program in youth futsal players. *Clin J Sport Med.*
- [42] Ripley NJ, Cuthbert M, Ross S, Comfort P, McMahon JJ. (2021). The Effect of Exercise Compliance on Risk Reduction for Hamstring Strain Injury: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Int J Environ Res Public Health.*
- [43] Rosado-Portillo A, Chamorro-Moriana G, Gonzalez-Medina G, Perez-Cabezas V. (2021). Acute Hamstring Injury Prevention Programs in Eleven-a-Side Football Players Based on Physical Exercises: Systematic Review. *J Clin Med.*
- [44] van de Hoef PA, Brink MS, Huisstede BMA, van Smeden M, de Vries N, Goedhart EA, Gouttebauge V, Backx FJG. (2019). Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? - A cluster-RCT. *Scand J Med Sci Sports.*

- [45] van der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJ. (2015). The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.*
- [46] van Dyk N, Behan FP, Whiteley R. (2019). Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. *Br J Sports Med.*
- [47] Whyte EF, Heneghan B, Feely K, Moran KA, O'Connor S. (2021). The Effect of Hip Extension and Nordic Hamstring Exercise Protocols on Hamstring Strength: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res.*
- [48] Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.*
- [49] A Hamid MS, Mohamed Ali MR, Yusof A, George J, Lee LP. (2014). Platelet-rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.*
- [50] Hickey JT, Timmins RG, Maniar N, Rio E, Hickey PF, Pitcher CA, Williams MD, Opar DA. (2020). Pain-Free Versus Pain-Threshold Rehabilitation Following Acute Hamstring Strain Injury: A Randomized Controlled Trial. *J Orthop Sports Phys Ther.*
- [51] Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E. (2004). The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Med Sci Sports Exerc.*
- [52] Mason DL, Dickens VA, Vail A. (2012). Rehabilitation for hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev.*
- [53] Medeiros DM, Aimi M, Vaz MA, Baroni BM. (2020). Effects of low-level laser therapy on hamstring strain injury rehabilitation: A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport.*
- [54] Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Edouard P, Morin JB, Martinez-Martinez F, Idoate F, Mendez-Villanueva A. (2017). A Multifactorial, Criteria-based Progressive Algorithm for Hamstring Injury Treatment. *Med Sci Sports Exerc.*
- [55] Pas HI, Reurink G, Tol JL, Weir A, Winters M, Moen MH. (2015). Efficacy of rehabilitation (lengthening) exercises, platelet-rich plasma injections, and other

conservative interventions in acute hamstring injuries: an updated systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*.

- [56] Sefiddashti L, Ghotbi N, Salavati M, Farhadi A, Mazaheri M. (2018). The effects of cryotherapy versus cryostretching on clinical and functional outcomes in athletes with acute hamstring strain. *J Bodyw Mov Ther*.
- [57] Seow D, Shimozone Y, Tengku Yusof TNB, Yasui Y, Massey A, Kennedy JG. (2021). Platelet-Rich Plasma Injection for the Treatment of Hamstring Injuries: A Systematic Review and Meta-analysis With Best-Worst Case Analysis. *Am J Sports Med*.
- [58] Sherry MA, Best TM. (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther*.
- [59] Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ, Heiderscheit BC. (2013). Clinical and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*.
- [60] Vermeulen R, Whiteley R, van der Made AD, van Dyk N, Almusa E, Geertsema C, Targett S, Farooq A, Bahr R, Tol JL, Wangenstein A. (2022). Early versus delayed lengthening exercises for acute hamstring injury in male athletes: a randomised controlled clinical trial. *Br J Sports Med*.