



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini

Muscoloscheletrici

A.A. 2017/2018

Campus Universitario di Savona

I fattori di rischio intrinseci nelle Hamstring Injuries

Candidato:

Dott. Francesco Tomaselli

Relatore:

Dott. Marco Curotti

AI MIEI COMPAGNI DI VIAGGIO

*“Ci sono due errori che si possono fare lungo la via verso la verità:
non andare fino in fondo, e non iniziare”*

Confucio

INDICE

1	ABSTRACT	1
2	INTRODUZIONE	3
2.1	Anatomia	3
2.2	Definizione	3
2.3	Dati epidemiologici	3
2.4	Modalità di infortunio e classificazione	4
2.5	Fattori di rischio	5
2.6	Obbiettivo	6
3	MATERIALI E METODI	9
3.1	Banche dati e stringhe di ricerca	9
3.1.1	Criteri di Inclusione	10
3.1.2	Criteri di Esclusione	10
3.2	Analisi qualitativa	11
4	RISULTATI	13
4.1	Processo di selezione degli studi	13
4.1.1	Flow chart di selezione degli articoli	15
4.2	ANALISI QUALITATIVA	16
4.3	ANALISI QUANTITATIVA	19
5	DISCUSSIONE	33
5.1	Analisi e confronto dei domini valutativi riguardanti il fenomeno hamstring injury	33
5.1.1	Forza	33
5.1.1.1	Rapporto H/Q	34
5.1.1.2	Asimmetria nello sviluppo di forza eccentrica e/o concentrica dei muscoli H e Q	35

5.1.2	Flessibilità	36
5.1.2.1	Ridotta flessibilità dei muscoli H e Q	37
5.1.3	Propriocezione e mobilità neurale	38
5.1.4	Altre variabili (non modificabili)	39
5.2	Critiche metodologiche	41
5.3	Implicazioni per pratica clinica e ricerche future	42
6	CONCLUSIONE	45
7	BIBLIOGRAFIA	47

1. ABSTRACT

Presupposti teorici: Le *Hamstring Injury* rappresentano la lesione muscolare più diffusa nel mondo sportivo. L'elevato tasso di re-infortunio e lunghi tempi di guarigione concorrono nell'evidenziare l'importanza di un approccio preventivo basato sui fattori di rischio.

Scopo: L'obiettivo della tesi è effettuare una revisione sistematica della letteratura al fine di scoprire quali sono i fattori intrinseci che possono determinare il rischio di una lesione muscolare degli Hamstring.

Materiali e metodi: È stata effettuata una ricerca nelle banche dati PubMed, Cochrane e Pedro. Sono stati inclusi articoli disponibili in *full text*, in lingua inglese o italiana che andavano ad analizzare una popolazione di soggetti sportivi indipendentemente dalla disciplina svolta. Sono stati presi in esame studi retrospettivi caso-controllo, studi prospettici di coorte e revisioni sistematiche con o senza meta-analisi. L'analisi qualitativa è stata svolta con: Checklist for measuring study quality per gli studi osservazionali e CASP Checklist per le revisioni sistematiche della letteratura.

Risultati: Gli studi osservazionali inclusi in questa revisione della letteratura comprendono 18 studi prospettici di coorte e 1 studio retrospettivo per un totale di 19 articoli. 2 invece sono le revisioni sistematiche incluse, di cui una con meta analisi.

Discussione e Conclusioni: Negli studi presi in esame sono stati individuati come fattori di rischio modificabili per le *Hamstring Injury*: un deficit di estensibilità del quadricipite e dei flessori d'anca, un aumento della coppia di forza del quadricipite rispetto agli Hamstring e una riduzione del rapporto H/Q. Altri aspetti utili da considerare anche se non modificabili sono, una storia di precedenti infortuni agli hamstring e l'aumento dell'età.

Sono necessari ulteriori studi di buona qualità metodologica per generalizzare dei risultati significativi e rilevanti in ambito preventivo.

Parole chiave: *Hamstring, Posterior thigh, Risk factors, Injury, Trauma, Strain, Wound.*

2. INTRODUZIONE

2.1 Anatomia

Gli “Ischiocrurali” o “*Hamstring*” (H) sono un gruppo muscolare costituito dai muscoli semitendinoso (ST), semimembranoso (SM) e dal capo lungo (ClBF) e breve (CbBF) del bicipite femorale. Essi hanno molti aspetti in comune: dall'origine a livello del bacino, più precisamente dalla tuberosità ischiatica, all’inserzione distalmente all’articolazione del ginocchio, dall’innervazione del nervo ischiatico, all’azione che svolgono⁽¹⁾. Essendo un gruppo muscolare biarticolare, ad eccezione del capo breve del bicipite femorale, la loro azione non è facilmente schematizzabile, poiché intervengono sia nel movimento di estensione d’anca, sia nella flessione e nelle rotazioni di ginocchio. Questa peculiarità biomeccanica abbinata alla centralità che la loro azione ricopre all’interno di tutti gli sport che prevedono la corsa, spiega il perché sia molto frequente il loro coinvolgimento in patologia ⁽¹⁾.

2.2 Definizione

Le *muscle injury* in generale vengono definite come una perdita di continuità delle fibre muscolari causate da un allungamento forzato, improvviso oltre i limiti viscoelastici delle strutture che lo compongono⁽²⁾. In base al meccanismo traumatico le lesioni muscolari possono essere identificate come dirette o indirette. Nel primo caso la forza viene applicata direttamente sul muscolo da un agente esterno, un esempio classico nel mondo del calcio è quando un giocatore riceve una ginocchiata sulla coscia da un avversario, provocando una contusione o lacerazione dello stesso; il secondo caso, invece, non prevede la presenza di forze esterne, ma semplicemente avviene durante un eccessivo allungamento delle strutture miofasciali⁽³⁾.

2.3 Dati epidemiologici

Nello specifico le *Hamstring Injury* (HI) rappresentano la lesione muscolare più diffusa nel mondo sportivo, secondo alcuni autori rappresenta circa il 29% di tutti gli infortuni sportivi⁽¹⁾ e oltre un terzo di tutte le lesioni muscolari nel calcio d'élite⁽³⁾. Nel corso degli ultimi anni gli atleti sono stati sottoposti ad un incremento costante

riguardo alla richiesta delle loro *performance*⁽⁴⁾. Un esempio su tutti lo osserviamo nel mondo del calcio dove l'intensità delle sessioni di allenamento è progressivamente aumentata sino a raggiungere sostanzialmente quella del match⁽³⁾. Questo ha determinato un ulteriore aumento di carico su strutture già molto sollecitate come gli H, con l'inevitabile conseguenza di un aumento del rischio di infortuni. Infatti, nel corso dell'ultimo decennio l'incidenza delle HI sono risultate in aumento del 4% annuo⁽⁴⁾. La lesione ai muscoli ischiocrurali oltre ad essere molto frequente nel mondo sportivo presenta anche un elevato tasso di re-infortunio che oscilla tra il 12-41% durante il primo anno di ritorno al gioco⁽⁴⁾. Solitamente il secondo infortunio si presenta più severo del primo incrementando ulteriormente i già lunghi tempi di guarigione⁽⁵⁾. Questi dati convergono tutti nell'identificare le *Hamstring Injury* non solo come problematiche che interessano l'atleta ma anche l'intero club⁽⁵⁾. Il costo medio per un club di livello professionistico di un giocatore infortunato per un mese, tempo medio quantificato in caso di una HI, è calcolato in circa 500.000 euro⁽⁴⁾.

2.4 Modalità di infortunio e classificazione

Gli sport che presentano questa problematica con maggior frequenza sono quelli che prevedono una rapida accelerazione e decelerazione, ovvero gli sport di salto, la corsa e il calcio^(5,6). La maggior parte delle HI nei giocatori di calcio d'*elite* si verifica durante la corsa ad alta velocità, atto sportivo che prevede un rapido cambiamento fra contrazione eccentrica e concentrica degli *hamstring*^(7,9). Diversi studi riguardanti gli sport di velocità hanno tentato di descrivere tale meccanismo lesionale. Nelle ipotesi più accreditate, sembrano critici alcuni momenti e fattori:

- durante la fase finale dello *swing*, quando raggiungono la massima lunghezza in contrazione eccentrica e passano velocemente alla fase concentrica per rallentare l'arto prima che avvenga il contatto del tallone col terreno^(1,10);
- l'attrito sviluppato dalla componente muscolare passiva alla contrazione concentrica improvvisa dell'antagonista^(11,12);
- la mancanza di coordinazione neuro-muscolare nel cambio di contrazione tra agonista e antagonista^(11,12).

Se risulta relativamente semplice individuare il meccanismo lesionale, non è altrettanto scontato classificare l'entità della lesione⁽²⁾. Una delle prime classificazioni proposte, ma ancora utilizzata, fu la classificazione di *Jackson* del 1973 che prevede tre gradi di gravità:

- . **Lesione Lieve** – Grado I – Lesione di poche fibre muscolari con minimo versamento e fastidio accompagnato da nessuna o minima perdita di forza e restrizione del movimento.
- . **Lesione Media** – Grado II – Maggiore danno del muscolo con chiara perdita di funzione.
- . **Lesione Grave** – Grado III – Strappo muscolare che si estende lungo tutta la sezione trasversa del muscolo che risulta in una perdita di funzione virtualmente completa.

Nel corso degli anni altre classificazioni sono state proposte. Ad esempio, nel 2012 *Chen et al.*⁽¹⁰⁾ propongono un sistema di classificazione in base al sito della lesione (muscolo, struttura fasciale o connettivale coinvolta). Tale sistema è apprezzato per la sua semplicità e precisione, ma studi recenti hanno dimostrato che lesioni simili alla RMN, causate da differenti meccanismi d'azione come corsa ad alta velocità, piuttosto che traumi diretti, hanno tempi di guarigione completamente differenti⁽⁹⁾. Il tutto è ulteriormente complicato anche dal fatto che il 70% delle lesioni muscolari ischiocrurali nel calcio non mostra alterazioni strutturali alla RMN, esame strumentale attualmente considerato *gold standard* per l'identificazione delle lesioni muscolari⁽⁸⁾ che tuttavia non dimostra di essere così utile in un contesto clinico che non ha che fare con atleti élite.

2.5 Fattori di rischio

Considerata la rilevanza epidemiologica, l'impatto economico e giorni di assenza causati da una HI, risulta fondamentale identificare i fattori di rischio che conducono un atleta alla lesione. In letteratura i fattori di rischio vengono spesso divisi in fattori intrinseci ed estrinseci^(3,15). Scendendo più nel dettaglio, con fattori intrinseci s'intendono alcune caratteristiche anatomiche e funzionali proprie di ogni singolo giocatore. In questa categoria sono maggiormente riportate: l'età avanzata, la ridotta elasticità degli H, la diminuita coppia di forza massima espressa dagli H e/o dal

muscolo quadricipite (Q) rispetto all'arto controlaterale, il rapporto alterato fra queste ultime due forze H/Q e il confronto con l'arto controlaterale^(5,3,15). Inoltre vengono analizzati come fattori di rischio intrinseci anche la storia di precedenti infortuni, l'eccessivo peso e BMI dell'atleta⁽⁶⁾. I fattori estrinseci, invece, si riferiscono a specifiche proprie dell'ambiente esterno e dello sport praticato come: parametri di allenamento non adeguati, riscaldamento insufficiente, tipologia di terreno sul quale si gioca, attrezzatura sportiva non adattata⁽³⁾.

2.6 Obiettivo

In questa revisione della letteratura abbiamo voluto porre attenzione esclusivamente sui fattori di rischio intrinseci per la maggiore importanza e pertinenza che questi fattori hanno in ambito fisioterapico. In letteratura, ad oggi, non esiste ancora un consenso univoco su quali siano i fattori di rischio intrinseci che maggiormente predispongano a questa problematica, vi è ancora molta confusione⁽¹³⁾. A complicare ulteriormente il quadro, come introdotto nello studio di *Mendiguchia et al., 2012*, vi è anche un nuovo modello concettuale, dove non si ragiona più secondo uno schema unidirezionale causa-effetto, ma si comincia ad apprezzare la complessità di come anche più fattori di rischio presenti in un paziente possano influenzarsi l'un l'altro⁽¹³⁾.

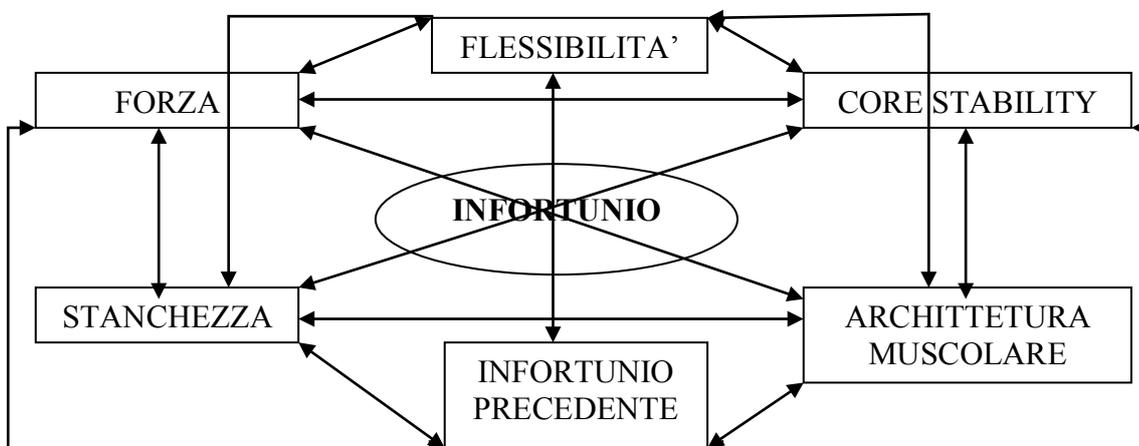


Figura 1: Possibili fattori incidenti sulle HI⁽¹³⁾

Inoltre nel 2003 *Holm e Bahr*, hanno evidenziato con eleganza, in un eccellente sforzo scientifico, come vi siano anche numerose debolezze metodologiche della letteratura in merito ai fattori di rischio nelle HI e hanno proposto dei criteri da utilizzare allo scopo di identificare l'influenza di specifici fattori di rischio sugli infortuni⁽¹⁴⁾. Molti studi sono stati condotti dopo il loro articolo, ma non molti di questi hanno rispettato questi criteri minimi di qualità⁽¹³⁾. Lo scopo di questa revisione della letteratura è, quindi, individuare quali siano i fattori di rischio intrinseci significativamente correlati all'insorgenza di lesioni agli *hamstring* nello sportivo.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Banche dati e stringhe di ricerca

La ricerca è stata condotta utilizzando le banche dati *Cochrane Library*, *PEDro* (*Physiotherapy Evidence Database*) e *Medline*; per quest'ultima è stato scelto il motore di ricerca *Pubmed*.

La ricerca degli articoli è stata effettuata nel periodo compreso tra ottobre 2018 e maggio 2019.

Le parole chiave utilizzate sono state: *Hamstring*, *Posterior thigh*, *Risk factors*, *Injur**, *Trauma*, *Strain*, *Wound*.

I termini sono poi stati associati tra loro tramite l'utilizzo di operatori booleani quali AND e OR ed hanno prodotto le seguenti stringhe di ricerca (Tabella 1):

BANCA DATI	STRINGA DI RICERCA	N. ARTICOLI
PUBMED	(Hamstring OR "Posterior thigh") AND (Risk factors) AND (Injur* OR Strain OR Trauma)	395
COCHRANE	(Hamstring OR "Posterior thigh") AND (Risk factors) AND (Injur* OR Strain OR Trauma)	38
PEDRO	"Hamstring AND Risk factors"	9
	"Hamstring AND Risk factors injury"	7
	"Hamstring AND Risk factors strain"	3
	"Hamstring AND Risk factors trauma"	2
	"Posterior thigh AND Risk factors"	0
	Totale articoli:	454

Tabella 1: Stringhe di ricerca per la banca dati PUBMED, COCHRANE e PEDRO

3.1.1 Criteri di Inclusione

- Articoli scritti in lingua inglese/italiano.
- Articoli su soggetti umani.
- Studi che analizzano soggetti sportivi, indipendentemente dalla disciplina svolta.
- Saranno presi in esame studi retrospettivi caso-controllo, studi trasversali, studi prospettici di coorte ed eventuali RCT. Potranno essere utilizzate anche revisioni sistematiche con o senza meta-analisi.
- Studi che indagano i fattori di rischio intrinseci (debolezza muscolare, instabilità, fatica, deficit di flessibilità, fattori psicologici, età, precedenti infortuni, sesso, etnia) per le lesioni degli hamstring.
- Saranno inclusi anche articoli reperibili attraverso Cross-reference purché rispettino i criteri di elegibilità

3.1.2 Criteri di Esclusione

- Articoli con titolo o abstract francamente non pertinente alla ricerca.
- Studi che analizzano una popolazione non composta da soggetti sportivi.
- Expert opinion, studi descrittivi, revisioni, case report, case series, trial clinici non randomizzati.
- Studi che prendono in considerazione fattori di rischio inerenti ad altre problematiche non specifiche alle *Hamstring Injury*.
- Studi che analizzano lesioni agli Hamstring in maniera non separata da lesioni di altri gruppi muscolari.
- Studi che analizzano fattori di rischio non intrinseci.
- Studi che citano solo marginalmente i fattori di rischio e che pongono la loro attenzione su altre tematiche quali epidemiologia, classificazione delle lesioni muscolari, diagnosi e trattamento.
- Studi in lingua diversa da quella d'inclusione.
- Studi non ancora pubblicati.

3.2 Analisi qualitativa

Analisi mirata a valutare la qualità di ogni singolo studio, saranno utilizzate due checklist una prima specifica per gli studi osservazionali e una seconda propria per le revisioni sistematiche:

- Studi Osservazionali: Checklist for measuring study quality.⁽³²⁾
- Revisioni sistematiche della letteratura: CASP Checklist.⁽³¹⁾

4. RISULTATI

4.1 Processo di selezione degli studi

Dalla ricerca iniziale sono stati ottenuti 454 articoli dalle banche dati di Medline/Pubmed, Pedro e libreria Cochrane.

Dopo aver escluso eventuali articoli doppi e applicato i filtri di ricerca che rimuovevano i lavori in lingua non inglese o italiana e quelli su soggetti non umani, sono stati ottenuti 361 articoli.

In seguito, una prima selezione è stata effettuata in base alla lettura dei titoli. Dall'esclusione di titoli francamente non pertinenti, il numero di articoli si è quindi ridotto a 53.

Una volta completata la lettura dell'*abstract*, sono stati eliminati ulteriori 33 articoli poiché non rispondevano ai criteri di inclusione precedentemente descritti e si è arrivati ad un numero di studi pari a 20.

Dei 20 articoli ottenuti è stato letto direttamente il *full text* per valutare la possibilità di inclusione o di esclusione dell'articolo. Dalla lettura del *full text* sono stati esclusi 3 articoli per un totale risultante di 17 articoli. Degli articoli esclusi dopo lettura *full-text* viene riportata una tabella riassuntiva dei motivi di esclusione (Tabella 2).

AUTORE	TITOLO	MOTIVO DELL'ESCLUSIONE
De Visser et al., 2011	<i>“Risk factors of recurrent hamstring injuries: a systematic review”</i>	L'obiettivo dello studio non è conforme agli obiettivi della ricerca.
Mendiguchia et al., 2012	<i>“Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction?”</i>	Disegno di studio non è compreso all'interno dei criteri di inclusione.
Malliaropoulos et al., 2018	<i>“Higher frequency of hamstring injuries in elite track and field athletes who had a previous injury to the ankle - a 17 years observational cohort study”</i>	Nello studio vengono analizzati principalmente fattori di rischio estrinseci.

Tabella 2: Articoli esclusi dalla revisione con relativa motivazione

Infine dall'analisi della bibliografia dei *full text* letti, sono stati selezionati ulteriori 7 studi dei quali solo 4 sono stati ritenuti adeguati ed utili alla nostra ricerca.

Concludendo, gli articoli utilizzati nella stesura del presente elaborato sono **21**.

4.1.1 Flow chart di selezione degli articoli

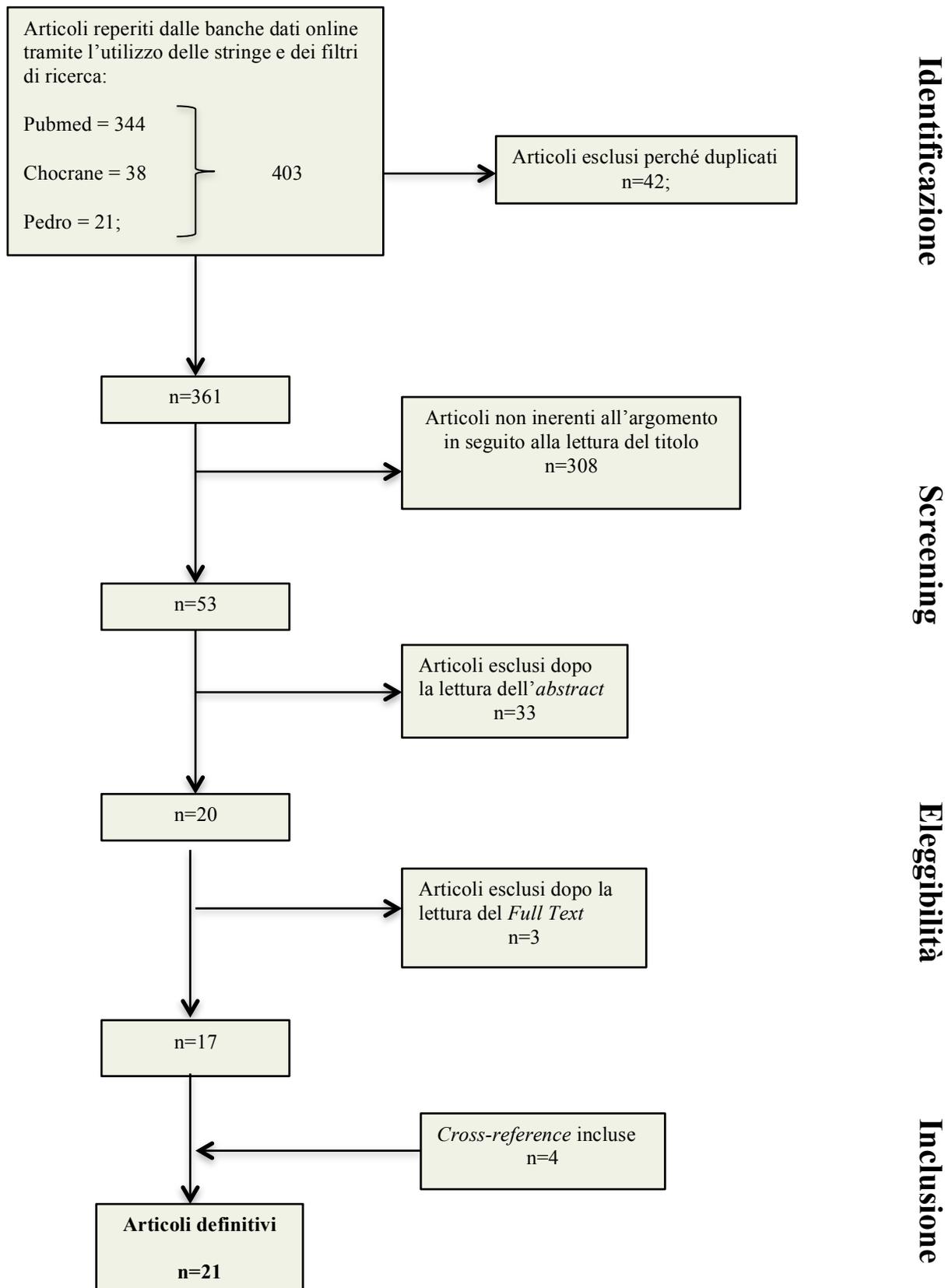


Diagramma di flusso della selezione degli articoli. PRISMA Statement 2009

4.2 ANALISI QUALITATIVA

Di seguito vengono riportate le tabelle utilizzate per l'analisi qualitativa degli articoli inclusi nella revisione (Tabella 3 e 4):

STUDI	1	2	3	5	6	7	10	11	12	16	18	20	21	22	25	TOTAL E	%
1 Gabbe <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	94
2 Van Dyk <i>et al</i>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100
3 Cameron <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	94
4 Croisier <i>et al</i>	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	10	63
5 Fousekis <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	13	81
6 Engebresten <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	14	88
7 Verrall <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14	88
8 Timmins <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	88
9 Witvrouw <i>et al</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	13	81
10 Watsford <i>et al</i>	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	12	75
11 Opar <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	88
12 Yeung <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	13	81
13 Lee <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	88
14 Henderson <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14	88
15 Bourne <i>et al</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	13	81
16 Van Dyk <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	88
17 Gabbe <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	88
18 Malliaropoulos <i>et al</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	12	75
19 Orchard <i>et al</i>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	15	94

Tabella 3: analisi qualitativa degli studi osservazionali inclusi⁽³²⁾

STUDI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTALE	%
Van Beijsterveldt <i>et al</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9	90
Freckleton <i>et al</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100

Tabella 4: analisi qualitativa delle revisioni sistematiche incluse⁽³¹⁾

Sono stati valutati qualitativamente 19 studi osservazionali e 2 revisioni sistematiche. Lo scopo della valutazione qualitativa è stato quello di esaminare la correttezza metodologica di ciascun articolo e dare così in maniera ponderata il giusto peso ai risultati emersi. La qualità metodologica degli studi inclusi, ad eccezione delle revisioni sistematiche, è stata eseguita seguendo la *Checklist for measuring study quality*⁽³²⁾ di Sara H. D. e Nick B., 1998 la quale ha dimostrato un'elevata coerenza interna (coefficiente di affidabilità di Kuder Richardson-20 = 0,89), buoni test-retest ($r = 0,88$) e inter-rater reliability ($r = 0,75$)^(3,32). La scala originale è composta da 27 domande, ma ai fini di questa revisione ogni studio è stato valutato solo sulle domande più rilevanti⁽³⁾. Le domande 4, 8, 9, 13, 14, 15, 17, 19, 23, 24, 26 e 27 si riferiscono a studi sperimentali e non sono state applicate⁽³⁾. Tra gli articoli inclusi, le domande 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 10 hanno riguardato la segnalazione di obiettivi, raccolta dati e stesura dei risultati. Le domande 11 e 12 riguardavano la validità esterna degli studi, mentre le domande 16, 18, 20, 21, 22 e 25 hanno valutato la validità interna ed eventuali bias⁽³²⁾.

I punteggi di valutazione qualitativa per gli studi osservazionali inclusi variavano tra 10 e 16 su un punteggio massimo di 16 (tabella n°), mentre i corrispettivi punteggi percentuali variavano tra il 63% e il 100% (media = 85.5%). Considerata l'accurata selezione iniziale dovuta a stringenti criteri d'inclusione ed esclusione la qualità degli studi si dimostra essere elevata, mostrando però dei limiti per quanto riguarda l'adeguamento per le variabili confondenti⁽³⁾. Undici studi^(19,20,23,24,25,26,27,3,29,30,35) su diciannove non hanno usato un opportuno adeguamento per le variabili confondenti, in particolare per le lesioni precedenti e l'età degli atleti inclusi nello studio. Senza un idoneo adeguamento per le variabili confondenti, i risultati di alcuni studi potrebbero non essere accurati⁽³⁾.

Infine per l'analisi qualitativa delle due revisioni sistematiche incluse è stato utilizzato il Critical Appraisal Skills Program (CASP)⁽⁶⁾. I punteggi di qualità CASP per le revisioni sistematiche hanno dimostrato elevati punteggi *Van Beijsterveldt et al.* 2013 ha totalizzato 9 punti su un massimo di 10 e *Freckleton et al.*, 2011 ha raggiunto il punteggio massimo di 10/10.

4.3 ANALISI QUANTITATIVA

Nelle due tabelle sottostanti vengono riportate le analisi quantitative degli studi inclusi nella revisione, suddividendo in questo modo gli studi osservazionali dalle revisioni sistematiche (Tabella 5 e 6):

AUTORE E NUMERO	DISEGNO	POPOLAZIONE E FOLLOW-UP	FATTORI DI RISCHIO ANALIZZATI E MISURE DI OUTCOME	RISULTATI	
				SIGNIFICATIVI	NON SIGNIFICATIVI
Gabbe et al., 2005 ⁽¹⁶⁾ 1	Studio prospettico di coorte	126 giocatori di football australiano provenienti da un campionato di football amatoriale, sottoposti a screening muscoloscheletrico nelle 3 settimane precedenti l'inizio della stagione sportiva. Monitoraggio dei giocatori e degli infortuni contratti lungo tutta la stagione sportiva.	<p>L'outcome primario di interesse è rappresentato dall'HI, diagnosticato dallo staff medico del club durante il corso della stagione. Lo screening muscoloscheletrico si compone di test volti a identificare fattori di rischio HI potenziali, quali</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flessibilità H (test: active knee extension test, passive straight leg test) - Flessibilità generale dell'arto inferiore (test: sit and reach test) - Flessibilità dei quadricipiti (test: Thomas Test modificato) - Flessibilità del muscolo iliopsoas (Thomas Test modificato) - Range di movimento di dorsiflessione (test: Dorsiflexion lunge test) - Mobilità neurale (test: active slump test) - Range di movimento della colonna lombare (test: extension ROM in standing position) - Range di movimento del bacino (test: active hip internal and external ROM in supine position) <p>I predittori indipendenti considerati per la computazione del modello statistico finale sono: flessibilità quadricipiti, età, range di movimento (ROM) in estensione attiva del ginocchio, altezza, Slump test.</p>	<p><u>Fattori di rischio statisticamente significativi</u> (p-value < 0.05):</p> <ul style="list-style-type: none"> - maggiore età (≥ 23 anni) associata con un maggiore rischio di infortunio HI (RR 3.8, 95% C.I. 1.1-14.0; p=0.044) - maggiore flessibilità dei quadricipiti diminuisce le probabilità di contrarre un infortunio HI (RR 0.3, 95% C.I. 0.1-0.8; p=0.022) <p><u>Fattori di rischio statisticamente non significativi</u> (p-value > 0.05):</p> <ul style="list-style-type: none"> - range di movimento in estensione attiva del ginocchio (flessione ginocchio > 27°) (RR 2.8, 95% C.I. 0.9-8.5; p=0.076) - altezza (> 181 cm) (RR 1.7, 95% C.I. 0.5-5.7; p=0.382) - range di movimento Slump (flessione ginocchio > 15°) (RR 0.6, 95% C.I. 0.2-1.9; p=0.430) 	

Van Dyk et al., 2016 ⁽¹⁷⁾	Studio di coorte	di 614 calciatori professionisti provenienti dal massimo campionato di calcio del Qatar. Nella fase preparatoria di ogni stagione sportiva, la condizione fisica del giocatore è sottoposta ad uno screening generale, con particolare attenzione alle misure isocinetiche di flesso-estensione del ginocchio. Nella fase di follow-up, lo staff medico del club si occupa della diagnosi d'infortunio HI. Lo studio ha una durata di 4 anni.	La forza muscolare in flesso-estensione del ginocchio è misurata con un dinamometro isocinetico attraverso 3 diverse modalità e velocità. (1) 5 ripetizioni di flesso-estensione del ginocchio in modalità concentrica a 60°/s; (2) 10 ripetizioni di flesso-estensione del ginocchio in modalità concentrica a 300°/s; (3) 5 ripetizioni di estensione del ginocchio in modalità eccentrica a 60°/s. Valutazione dei rapporti di forza concentrica Q 60°s ⁻¹ / concentrica H 60°s ⁻¹ ; concentrica Q 60°s ⁻¹ / eccentrica H 60°s ⁻¹ ; concentrica Q 300°s ⁻¹ / concentrica H 300°s ⁻¹ ; concentrica Q 300°s ⁻¹ / eccentrica H 60°s ⁻¹ . L'outcome primario di interesse è rappresentato dall'HI, diagnosticato dallo staff medico del club durante il corso della stagione.	Analisi di regressione logistica multipla (con n=539) inclusiva di tutti i potenziali fattori di rischio HI. <u>Fattori di rischio statisticamente significativi</u> (p-value < 0.05): - forza concentrica del quadricipite a 60°/s aggiustata per il peso corporeo è associata al rischio di infortunio (OR 1.41; 95% C.I. 1.03-1.92; p=0.03) - forza eccentrica di H a 60°/s aggiustata per il peso corporeo è associata al rischio di infortunio (OR 1.37; 95% C.I. 1.01-1.85; p=0.04) <u>Fattori di rischio statisticamente non significativi</u> (p-value > 0.05): • Forza concentrica del quadricipite a 300°/s (OR 0.91; 95% C.I. 0.53-1.79; p=0.87) • Forza concentrica di H a 60°/s (OR 1.33; 95% C.I. 0.78-2.33; p=0.29) • Forza concentrica di H a 300°/s (OR 1.33; 95% C.I. 0.78-2.33; p=0.29) • Concentrica Q 60°s ⁻¹ / concentrica H 60°s ⁻¹ (OR 1.32; 95% C.I. 0.76-2.27; p=0.32) • concentrica Q 60°s ⁻¹ / eccentrica H 60°s ⁻¹ (OR 0.93; 95% C.I. 0.29-2.94; p=0.90) • concentrica Q 300°s ⁻¹ / concentrica H 300°s ⁻¹ (OR 0.68; 95% C.I. 0.36-1.32; p=0.26) • concentrica Q 300°s ⁻¹ / eccentrica H 60°s ⁻¹ (OR 0.68; 95% C.I. 0.31-1.52; p=0.35)
Cameron et al., 2003 ⁽¹⁸⁾	Studio di coorte osservazionale e analitico, prospettico e retrospettivo	di 20 giocatori professionisti di football australiano, appartenenti a una squadra della prima divisione, inclusi nello studio se esenti da infortunio agli arti inferiori nelle 12 settimane precedenti lo screening.	Protocollo di valutazione MD (discriminazione del movimento): controllo del movimento dell'arto inferiore testato usando AMEDA, per ottenere una misura dell'abilità del soggetto nel differenziare tra diverse estensioni di movimento protocollo di valutazione forza muscolare: forza concentrica di flesso-estensione del ginocchio misurato con Cybex II Isokinetic Dynamometer (60°/s): + forza di coppia massima per Q e H. Analisi statistica di curve ROC per valutare la capacità predittiva delle variabili: media punteggio MD, forza H e Q, rapporto HQ,	<u>Statisticamente significativi</u> (p<0.05) - indici di MD significativamente peggiori nei futuri infortunati rispetto ai futuri non-infortunati (F(1,18) = 9.44, p=0.007); nessun giocatore con media MD superiore alla media è susseguentemente incorso in infortunio HI; - rapporto di forza H/Q significativamente minore nei futuri infortunati rispetto ai futuri non-infortunati (F(1,18) = 8.75, p=0.008); - forza quadricipite (coppia massima) significativamente minore nei futuri infortunati

3

Valutazione di swinging leg MD, test isocinetico della forza di H e quadricipiti, storia di infortunio HI pregresso, per determinare potenziali associazioni tra queste misure e susseguenti infortuni HI. Follow up di 2 anni post test.

infortunio pregresso.

rispetto ai futuri non-infortunati ($F(1,18) = 6.13$, $p=0.02$).

Predizione variabili rischio – infortunio: *analisi statistica curve ROC*

predittori significativi di HI ($p < 0.05$)

- punteggio MD (95% C.I. 0.712-1.026, $p=0.011$)
- coppia massima Q (95% C.I. 0.634-1.020, $p=0.023$)
- rapporto H/Q (95% C.I. 0.730-1.032, $p=0.008$)

Statisticamente non significativi ($p > 0.05$)

- coppia massima H (95% C.I. 0.354-0.851, $p=0.458$)
- infortunio H pregresso (95% C.I. 0.206-0.770, $p=0.934$)

Croisier et al., 2008⁽¹⁹⁾

4

Studio prospettico di coorte

Dei 687 giocatori di calcio professionisti sottoposti a test isocinetico nella fase pre-stagione; 462 giocatori hanno eseguito il follow-up completo di 9 mesi, operato dallo staff medico del club fornendo resoconti trimestrali.

Test isocinetico utilizzato per identificare giocatori con sbilanciamento di forza e valutazione di quest'ultima come potenziale fattore di rischio HI. È valutata l'ipotesi che la normalizzazione dello sbilanciamento di forza possa ridurre l'incidenza di HI.

- contrazione concentrica di H a 30°/s (3x), 60°/s (3x), 120°/s (4x) e 240°/s (5x); - contrazione concentrica di Q a 60°/s (3x) e a 240° (5x); rapporto H/Q con performance concentrica di H (60°/s) e Q (60°/s); - rapporto H/Q con performance concentrica di H (240°/s) e Q (240°/s); - rapporto H/Q con performance eccentrica di H (30°/s) e performance concentrica di Q (240°/s).

Definizione di un profilo di sbilanciamento di forza su misure di differenze bilaterali e rapporti H/Q.

• Rate di infortunio HI significativamente maggiore in soggetti con sbilanciamenti di forza non trattati vs soggetti senza sbilanciamenti al test pre-stagione ($RR=4.66$; 95% C.I. 2.01-10.8; $p < 0.05$). • Maggiore rischio HI ($p < 0.05$) in soggetti con sbilanciamenti di forza trattati ma non valutati con test isocinetico finale vs soggetti senza sbilanciamento ($RR=2.89$; 95% C.I. 1.00-8.32; $p < 0.05$). • La normalizzazione dei valori isocinetici nei soggetti con sbilanciamento abbassa il fattore di rischio HI al pari di quello osservato nei soggetti senza sbilanciamento ($RR=1.43$; 95% C.I. 0.44-4.71; $p > 0.05$ = differenza non significativa tra i due gruppi).

L'intervento isocinetico permette la rivelazione di sbilanciamenti di forza nella fase pre-stagione, un fattore che aumenta il rischio di HI. Il ritorno ad un profilo di forza bilanciato diminuisce la probabilità di infortunio.

Fousekis et al., 2010 ⁽²⁰⁾	Studio prospettico di coorte	100 calciatori professionisti con assenza d'infortuni nei 6 mesi precedenti, reclutati da squadre di terza divisione. Valutazione composita muscoloscheletrica nella fase pre-stagione, follow-up per l'intera durata della stagione e monitoraggio infortuni muscolari.	Fattori di rischio intrinseci di HI potenziali e misure utilizzate per l'identificazione: - forza isocinetica H: concentrica a 60°/s, 180°/s, 300°/s, eccentrica a 60°/s, 180°; - rapporto di forza funzionale del ginocchio: rapporto H/Q a 180°/s - flessibilità di H e Q (valutazione goniometrica) - infortunio HI pregresso (specific questionnaire)	<u>Fattori di rischio statisticamente significativi (p<0.05)</u> Giocatori con asimmetrie nella forza di contrazione eccentrica H (OR=3.88; 95%C.I. 1.13-13.23, p=0.03), asimmetrie nella lunghezza funzionale dell'arto inferiore (OR=3.80; 95%C.I. 1.08-13.33, p=0.03), e giocatori senza alcuna storia di HI (OR=0.15; 95%C.I. 0.029-0.79, p=0.02). Giocatori di calcio professionisti che presentano asimmetrie funzionali sono soggetti ad un rischio maggiore di HI. Storia pregressa di HI non pare costituire un fattore di rischio.
5				
Engebresten et al., 2010 ⁽²¹⁾	Studio prospettico di coorte	508 giocatori di calcio provenienti da club amatoriali, testati, al fine di identificare fattori di rischio di HI nella fase pre-stagione e seguiti lungo l'intero corso della stagione sportiva.	Test specifici H: <i>counter movement jump test</i> ; <i>40m sprint test</i> ; <i>test di forza Nordic hamstring</i> . Questionario: storia d'infortunio e score di funzionalità (Hamstring Outcome Score, HaOS). Analisi di regressione logistica univariata per esaminare i potenziali fattori di rischio HI. Variabili caratterizzate da p-value<0.10 sono selezionate per essere inserite in un modello multivariato con outcome HI.	<u>Statisticamente significativi (p<0.05)</u> - storia di infortunio HI (OR 2.19; 95%C.I. 1.19-4.03; p=0.01) <u>statisticamente non significativi (p>0.05)</u> - score totale HaOS (OR 1.16; 95%C.I. 0.95-1.42; p=0.14)
6				
Verrall et al., 2001 ⁽²²⁾	Studio prospettico di coorte	114 giocatori professionisti di football australiano, per i quali vengono registrate caratteristiche antropometriche e storia clinica pregressa, impiegando MRI per la diagnosi di HI. Follow-up lungo l'intera stagione sportiva, documentando gli	Caratteristiche antropometriche e cliniche considerate come potenziali fattori di rischio HI: età, altezza, peso, discendenza aborigena, storia pregressa HI, storia pregressa di infortunio al ginocchio; storia pregressa di osteite pubica. Diagnosi HI basata su evidente iperintensità intramuscolare da immagini MRI T2-weighted.	Regressione multivariata predittiva di HI: <u>Fattori di rischio significativi (p<0.05)</u> - Età (OR 1.3; 95%C.I. 1.1-1.5; p=0.005); - storia pregressa HI (OR 4.9; 95%C.I. 1.6-15.1; p=0.006); - storia pregressa di infortunio al ginocchio (OR 5.6; 95%C.I. 1.1-28.1; p=0.035); - di discendenza aborigena (OR 11.2; 95%C.I. 2.1-62.5; p=0.005); - storia pregressa di osteite pubica (X ² =8.67; p=0.015). <u>Fattori di rischio non significativi (p>0.05)</u> - altezza (p=0.789); - peso (p=0.317).
7				

		infortuni alla coscia posteriore.		I fattori di rischio significativi menzionati rimangono significativi anche quando i soggetti con storia pregressa HI sono rimossi dall'analisi statistica in quanto potenziali confondenti.
Timmins et al., 2015 ⁽²³⁾	8	Studio prospettico di coorte 152 giocatori di calcio professionisti inclusi nello studio, sottoposti ad un'indagine retrospettiva di infortunio pregresso agli arti inferiori, e a screening isocinetico nella fase pre-stagione. Follow-up e registro HI per la durata della stagione sportiva.	Lo studio si propone di investigare l'influenza di fattori quali forza eccentrica di flessione del ginocchio, sbilanciamento arti inferiori e flessibilità del capo lungo del bicipite femorale (BFlh), sul rischio di HI. BFlh misurata ad H rilassati e in flessione isometrica del ginocchio a 25% di forza massima di contrazione isometrica volontaria (25% MVIC); forza eccentrica di flessione del ginocchio misurata usando l'esercizio Nordic hamstring. Analisi statistica univariata dei predittori HI.	<u>Fattori di rischio significativi (p<0.05)</u> - Forza eccentrica di flessione del ginocchio inversamente proporzionale all'incidenza di futuri HI (OR=0.910; 95%C.I. 0.85-0.97; p=0.004); - BFlh inversamente proporzionale all'incidenza di futuri HI (OR=0.261; 95%C.I. 0.10-0.57; p=0.002) <u>Fattori di rischio non significativi (p>0.05)</u> - sbilanciamento arti inferiori in contrazione eccentrica dei flessori del ginocchio (MD. 9.6%; 95%C.I. 3.6-22.7; p=0.147)
Witvrouw et al., 2003 ⁽²⁴⁾	9	Studio prospettico di coorte 146 giocatori di calcio professionisti sottoposti a valutazione di flessibilità muscolare degli arti inferiori. Inclusi se mai infortunati nei precedenti 2 anni. Follow-up per l'intero corso della stagione sportiva, monitorando gli infortuni.	Flessibilità H misurata goniometricamente con soggetto in posizione supina.	Associazione significativa (p<0.05) tra minore flessibilità di H (<90°) e l'incidenza di HI (p=0.02)
Watsford et al., 2010 ⁽²⁵⁾	10	Studio caso-controllo 136 giocatori professionisti di football australiano valutati nella fase pre-stagione per rigidità unilaterale di H e rigidità dell'arto inferiore. Follow-up per	Indagine della relazione tra rigidità muscolare pre-stagione e incidenza di HI. Rigidità muscolare valutata impiegando Kham test unilaterale (rigidità H) e Kleg test unilaterale (rigidità arto inferiore). Variabili antropometriche valutate: età, peso corporeo, statura.	<u>Statisticamente significativi (p<0.05)</u> - Giocatori infortunatisi durante la stagione presentano rigidità H (Kham) (11%, p=0.04) e rigidità arto inferiore (Kleg) (5%, p=0.03) maggiore rispetto ai non-infortunati; - la rigidità dell'arto inferiore coinvolto è maggiore negli infortunati che

		l'intero corso della stagione sportiva, monitorando gli infortuni.		nei non-infortunati (p=0.02); - la rigidità di H dell'arto non coinvolto è maggiore negli infortunati che nei non-infortunati (p=0.02); - i giocatori infortunati hanno età più alta dei non-infortunati (p=0.01). <u>Statisticamente non significativi</u> (p>0.05) - peso corporeo; - statura
Opar et al., 2014 ⁽²⁶⁾	Studio prospettico di coorte	210 giocatori professionisti di football australiano soggetti a valutazione di forza della contrazione eccentrica H nella fase pre-stagione, con follow-up per l'intera durata della stagione sportiva.	Stabilire se forza di contrazione eccentrica di H e lo sbilanciamento tra arti in termini di forza di contrazione eccentrica H, possano considerarsi predittori di futuro HI. Forza di contrazione eccentrica H misurata con esercizio Nordic hamstring. Analisi statistica multivariata: valutazione della relazione tra potenziali fattori di rischio HI quali età e storia pregressa HI, e forza di contrazione eccentrica di H; modelli predittivi multivariati.	<u>Statisticamente significativi</u> (p<0.05) - statura (MD=3.3cm; 95%C.I. 0.5-6.1; p=0.024) e peso (MD=3.6kg; 95%C.I. 0.5-6.7; p=0.021) più alti nei non-infortunati rispetto agli infortunati; - forza H in flessione del ginocchio inversamente proporzionale all'incidenza futura di HI (OR=0.937; 95%C.I. 0.888-0.990; p=0.020). <u>Statisticamente non significativi</u> (p>0.05) - sbilanciamento tra forza di contrazione eccentrica H nei due arti inferiori non differisce tra i futuri infortunati e non-infortunati (p=0.498); - età non differisce tra gli infortunati e i non-infortunati (p=0.250). L'analisi multivariata suggerisce che l'unica interazione significativa nei modelli statistici testati è rappresentata da età x forza eccentrica (p=0.025)
Yeung et al., 2009 ⁽²⁷⁾	Studio prospettico di coorte	44 sprinter prelevati da associazioni di atletica sportiva. Screening isocinetico e valutazione flessibilità H durante 9 settimane di fase pre-stagione; follow-up durante la stagione seguente con resoconto di HI.	Flessibilità H misurata con SLR test (<i>straight leg raising</i>). Test isocinetico: contrazioni concentriche H a 60°,180°, 240°/s; contrazioni eccentriche H a 60°,180°, 240°/s; contrazioni concentriche Q a 60°,180°, 240°/s. Misure estrapolate dal test isocinetico: forza di coppia massima, angolo di coppia massima, rapporto Hcon:Qcon, rapporto Hecc:Qcon, rapporto H:H.	<u>Fattori di rischio HI considerati statisticamente significativi</u> (p<0.05) nel predire l'infortunio futuro: Rapporto Hcon:Qcon _{180°} (p=0.01). Ulteriori analisi rivelano che un rapporto Hcon:Qcon<0.60 ad una velocità di 180°/s aumenta il rischio HI di 17 volte (HR=17.4; 95%C.I. 1.31-231.4; p=0.03)

11

12

Lee et al., 2017 ⁽³⁾	Studio prospettico di coorte	146 calciatori professionisti, sottoposti a screening isocinetico nella fase pre-stagione, susseguita da 10 mesi di stagione sportiva e conseguente follow-up per determinare la relazione tra misure isocinetiche e l'incidenza di HI.	Il protocollo include performance concentrica di flessione ed estensione del ginocchio a 60°/s e 240°/s, performance eccentrica di flessione del ginocchio a 30°/s. Valutazione di deficit di forza, differenze bilaterali degli arti inferiori, rapporti H/Q.	<p><u>Regressione logistica multivariata per individuare fattori di rischio statisticamente rilevanti (p<0.05):</u></p> <p>(1) storia pregressa di HI acuto (rate di infortunio 3.6 volte maggiore in giocatori già soggetti ad infortunio H) (OR = 3.57, 95% CI = 3.13-8.62, p = 0.03),</p> <p>(2) minore forza di contrazione eccentrica H (rate di infortunio 5.6 volte maggiore con forza eccentrica massima pre-stagione < 2.4N m kg-1) (OR = 5.59, 95% CI = 2.20-12.92, p = 0.001),</p> <p>(3) minore rapporto Hcon/Qcon (rate di infortunio 3.1 volte maggiore con rapporto H/Q pre-stagione < 50.5%) (OR = 3.14, 95% CI = 1.37-7.22, p = 0.01).</p> <p><u>Fattori di rischio non statisticamente significativi (p>0.05):</u> età, sbilanciamento bilaterale di forza di contrazione isocinetica H, forza di contrazione isocinetica Q assoluta e relativa</p>
Henderson et al., 2009 ⁽²⁸⁾	Studio prospettico di coorte	36 calciatori di Premier League valutati durante la prima settimana di allenamento pre-stagione su caratteristiche antropometriche, flessibilità, forza e potenza dell'arto inferiore, velocità e agilità. Follow-up nelle seguenti 45 settimane di stagione sportiva.	Capacità predittiva di parametri fisici e di performance nell'incidenza di HI. Test isocinetico di flesso-estensione del ginocchio, forza di coppia massima, fitness aerobico e anaerobico, rapporto H/Q, range di movimento di flessione attiva e passiva del bacino (test SLR), età, potenza esplosiva della gamba	<p>Il modello di regressione finale, predittivo della propensione a HI dell'arto dominante comprende classifica correttamente 88.6% dei casi ($\chi^2(a, N=35)=4.38, p<0.05$). 4 variabili indipendenti: età, range di movimento attivo dell'arto dominante (ACTDOM), <i>non-counter movement jump</i> (NCMJUMP), e massa magra (quest'ultima contributo non significativo al modello)</p> <p>- età (per ogni anno di età in più, le probabilità di contrarre un infortunio H aumenta x1.78) (OR=1.78; 95%C.I. 1.17-2.72, p=0.007); - NCMJUMP (per ogni aumento di 1cm in NCM, la propensione all'infortunio H aumenta x1.47 (1/0.77)) (OR=1.47; 95%C.I. 1.02-2.12, p=0.038)</p>

13

14

Bourne et al., 2015 ⁽²⁹⁾	Studio prospettico di coorte	178 giocatori di rugby appartenenti a club di prima divisione (n=75) e a club di campionati sub-professionistici (n=65), U19 (n=38) sottoposti ad una valutazione isocinetica della forza di contrazione eccentrica in flesso-estensione del ginocchio durante la fase pre-stagione. Follow-up durante la seguente stagione sportiva, con diagnosi HI da parte dello staff medico dei club.	Lo studio si propone di determinare se livelli minori di forza di contrazione eccentrica H o maggiore sbilanciamento tra arti inferiori di questo parametro possano rappresentare fattori di rischio HI. Performance dell'esercizio Nordic hamstring bilaterale (1 set di 3 ripetizioni massimali) per valutare la forza di contrazione eccentrica in flessione del ginocchio. Ulteriori dati raccolti: dettagli retrospettivi di infortuni muscolari nei 12 mesi precedenti lo screening, misure antropometriche	<u>Predittori statisticamente significativi HI</u> (p<0.05): - HI nei 12 mesi precedenti lo screening aumenta il rischio di HI di 5.30 volte (OR=5.30; 95%C.I. 1.84-15.00, p=0.003); per ogni aumento del 10% in sbilanciamento degli arti inferiori, il rischio di HI aumenta di 1.34 volte (OR=1.34; 95%C.I. 1.03-1.75, p=0.028). L'analisi di regressione logistica multivariata propone un modello statisticamente significativo (p<0.001) comprensivo di storia di HI e sbilanciamento arti inferiori, per predire il rischio di futuro HI
15				
Van Dyk et al., 2017 ⁽³⁰⁾	Studio prospettico di coorte	413 giocatori di calcio professionisti della massima serie del Qatar sottoposti ad uno screening di forza muscolare comprensivo di test isocinetico, Nordic hamstring, e rapporti H/Q. Follow-up lungo due stagioni sportive, registrando l'incidenza di HI.	Forza muscolare in flesso-estensione del ginocchio misurata con dinamometro isocinetico: 5 ripetizioni in flesso-estensione concentrica a 60°/s; seguite da 10 ripetizioni in flesso-estensione concentrica a 300°/s; 5 ripetizioni in estensione eccentrica a 60°/s. Rapporto H/Q concentrico e rapporto di controllo dinamico (Hecc/Qconc) calcolati a 30°, 40° e 60°. Esercizio Nordic hamstring per stabilire la forza di contrazione eccentrica massima. Analisi statistica univariata per stabilire differenze tra giocatori infortunati e non infortunati.	<u>Solo 1 delle 24 variabili di forza esaminate risulta statisticamente significativa</u> (p<0.05): - soggetti con maggiore torque concentrica Q a 300°/s (>1SD sotto la media, significativamente più propensi ad HI (OR=2.06; 95%C.I. 1.21-3.51; p=0.008). L'analisi multivariata indica che aumento d'età (OR=1.07; 95%C.I. 1.03-1.12; aumento di 1 anno di età, aumento rischio HI x1.07) è considerato fattore di rischio significativi (p<0.05) per HI.
16				
Gabbe et al., 2004 ⁽³⁵⁾	Studio prospettico di coorte	222 giocatori professionisti di football australiano testati nella fase pre-stagione grazie a questionari e	L'obiettivo è definire fattori di rischio intrinseci per l'HI. Questionario utilizzato per valutare fattori di rischio potenziali quali età e storia pregressa di HI. Screening muscoloscheletrico impiegato per valutare fattori di rischio potenziali quali altezza, peso, range	Analisi multivariata indica età e storia pregressa di HI come <u>predittori HI indipendenti significativi</u> (p<0.05). - Giocatori soggetti ad HI durante l'anno precedente (OR=4.30; 95%C.I. 1.66-11.15, p=0.003) e giocatori

17		screening muscoloscheletrico; follow-up per la durata della stagione competitiva con report di infortuni a carico dello staff medico dei club.	di movimento delle articolazioni dell'arto inferiore (range di movimento in dorsoflessione della caviglia; rotazione attiva interna ed esterna del bacino), flessibilità muscolatura degli arti inferiori (test sit and reach; test di estensione attiva del ginocchio; Thomas test modificato), mobilità neurale (test Slump).	con età > 24 anni (OR=4.04; 95%C.I. 1.24-13.11, p=0.003) hanno propensione a HI 4 volte maggiore dei non infortunati e dei minori di 24 anni, rispettivamente.
Malliaropulos et al., 2010 ⁽³³⁾	Studio prospettico di coorte	165 atleti di atletica leggera di alto livello. follow-up nel corso della stagione, 24 mesi.	L'obiettivo è stato valutare le HI. Le HI sono state classificate in 4 gradi (I, II, III e IV) in base al deficit di movimento attivo del ginocchio a 48 ore. È stato prescritto lo stesso protocollo di riabilitazione e il tasso di re-infortunio è stato registrato durante i successivi 24 mesi.	Il tempo medio per tornare allo sport dopo la lesione iniziale è stato di 7 giorni per lesioni di grado I; 12 giorni per lesioni di II grado; 29 giorni per lesioni di III grado e 55 giorni per lesioni di IV grado. Al follow-up, 23 dei 165 atleti (13,9%) hanno avuto un secondo stiramento muscolare al bicipite femorale. Dei 75 atleti con un infortunio di grado I, 7 (9,3%) hanno avuto una recidiva dopo 24 mesi. Dei 58 atleti con un infortunio di II grado, 14 (24,1%) hanno avuto una recidiva. Dei 26 atleti con una lesione di III grado, 2 (7,7%) hanno avuto una recidiva, e dei 6 atleti con una ferita di grado IV, nessuno ha avuto una recidiva dopo 24 mesi.
18		Sono state analizzate 83.503 partite del campionato di football australiano, in sette anni.	Lo studio si propone di determinare come fattori di rischio per le HI: precedenti infortuni HI facendo una distinzione temporale fra acute (8 settimane precedenti l'infortunio) e croniche (> 8 settimane precedenti l'infortunio); precedenti infortuni al polpaccio, età.	<u>Fattori di rischio statisticamente significativi CI 95%:</u> Lesione H nelle 8 settimane precedenti CI 5.21–7.70; Lesione H > 8 settimane precedenti CI 2.05–2.85; Giocatore anziano (>23 anni) CI 1.14–1.57; Pregresso infortunio al polpaccio (> 8 settimane) CI 1.08–1.76
Orchard et al., 2001 ⁽³⁴⁾	Studio prospettico di coorte			
19				

Tabella 5: Tabella riassuntiva degli studi osservazionali inclusi

AUTORE	DISEGNO	STUDI INCLUSI	RISULTATI
Van Beijsterveldt et al., 2013 ⁽¹⁵⁾	Reviews	<p><i>Witvrouw et al., 2003 (9); Arnason et al., 2004; Haggland et al., 2006; Croisier et al., 2008 (4); Engelbresten et al., 2010 (6); Henderson et al., 2010 (14); Fousekis et al., 2011 (5).</i></p>	<p>Fattori di rischio considerati in analisi univariata:</p> <p>Età - i giocatori che contraggono HI sono significativamente più vecchi (<i>Arnason et al., 2004; Haggland et al., 2006; Henderson et al., 2010 (14)</i>).</p> <p>Allungamento/flessibilità hamstring – giocatori infortunati HI presentano flessibilità H minore rispetto ai non infortunati, pre- infortunio (<i>Witvrouw et al., 2003 (9)</i>); - nessuna differenza significativa (<i>Arnason et al., 2004; Engelbresten et al., 2010 (6); Henderson et al., 2010 (14)</i>).</p> <p>Storia di infortunio – pregresso HI aumenta il rischio di un nuovo HI (<i>Arnason et al., 2004; Haggland et al., 2006; Engelbresten et al., 2010 (6)</i>).</p> <p>Sbilanciamento bilaterale di forza – sbilanciamento di forza aumenta significativamente il rischio HI secondo <i>Croisier et al., 2008 (4)</i>, ma non secondo <i>Henderson et al., 2010 (14)</i>.</p> <p>Fattori di rischio HI significativi (p<0.05) da analisi multivariate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Arnason et al., 2004</i> → età; storia HI - <i>Engelbresten et al., 2010 (6)</i> → storia HI - <i>Haggland et al., 2006</i> → età; storia di infortunio - <i>Fousekis et al., 2011 (5)</i> → asimmetrie bilaterali forza eccentrica H; allungamento arto inferiore; storia di infortunio - <i>Henderson et al., 2010 (14)</i> → modello correttamente predittivo di HI al 88.6%, include: età; massa magra; non-counter movement jump NCMJ; range di flessione del bacino ACTDOM - <i>Witvrouw et al., 2003 (9)</i> → minore flessibilità H
20			
Freckleton et al., 2013 ⁽⁶⁾	Reviews con meta analisi	<p><i>Arnason et al., 2004; Bennell et al., 1999; Bennell et al., 1998; Bradley and Portas 2007; Brooks et al., 2006; Cameron et al., 2003 (3); Christensen and Wiseman 1972; Croisier et al., 2008; Engbertsen 2010 (6); Fousekis et al., 2011(5); Gabbe et al., 2006; Gabbe et al., 2006; Gabbe et al., 2005;</i></p>	<p>Età – 7 studi (n=3199) supportano l'ipotesi che l'età rappresenti un fattore di rischio HI significativo (SDM=2.5; 95%C.I. 0.78-4.15; p=0.004) – <i>Fousekis et al., 2011 (5); Engelbresten et al., 2010 (6); Henderson et al., 2010 (14); Arnason et al., 2004; Verral et al., 2001 (7); Watsford et al., 2010 (10); Yeung et al., 2009 (12)</i>.</p> <p>- per 3 studi, l'aumento di età aumenta la propensione ad HI (OR=2.46; 95%C.I. 0.98 – 6.14; p=0.06) – <i>Gabbe et al., 2005 (1); Gabbe et al., 2006; Orchard et al., 2001</i>.</p> <p>BMI Meta-analisi SDM: 3 studi dimostrano che non c'è associazione significativa tra BMI e HI (SDM=1.28; 95%C.I. -1.35-3.90; p=0.34) - <i>Arnason et al., 2004; Engelbresten et al., 2010 (6); Yamada & Mastumoto, 2009</i>.</p> <p>Peso Meta analisi SMD: 7 studi, il peso corporeo non differisce significativamente tra gli infortunati e i non infortunati (SDM=0.94; 95%C.I. -0.059-1.19; p=0.07) - <i>Arnason et al., 2004; Engelbresten et al., 2010 (6); Fousekis et al., 2011 (5); Gabbe et al., 2006; Watsford et al., 2010 (10); Yeung et al., 2009 (12); Yamada & Mastumoto, 2009</i>.</p>

Gibbs et al., 2004;
 Hagglund 2006;
 Henderson et al., 2010 (14);
 Koulouris et al., 2007;
 Malliaropoulos et al., 2011;
 Orchard et al., 2001;
 Rolls and George 2004;
 Sugiura et al., 2008;
 Verrall et al., 2006;
 Verrall et al., 2001(7);
 Warren et al., 2010;
 Watsford et al., 2010 (10);
 Witvrouw et al., 2003;
 Woods et al Yamadaand 2004;
 Mastumoto 2009;
 Yamamoto 1993;
 Yeung et al., 2009 (12).

Altezza – Meta analisi SMD: 7 studi, l'altezza non differisce significativamente tra gli infortunati e i non infortunati (SDM=-0.03; 95%C.I. -0.12-0.18; p=0.72) – 53 61 62 75 77 80 82 *Arnason et al., 2004; Engelbresten et al., 2010 (6); Fousekis et al., 2011 (5); Verrall et al., 2001 (7); Watsford et al., 2010 (10); Yeung et al., 2009 (12); Yamada & Mastumoto, 2009.*

- meta analisi RR: 2 studi, l'altezza non rappresenta un fattore di rischio HI (RR=1.52; 95%C.I. 0.76-3.03; P=0.24) – *Gabbe et al., 2005 (1); Gabbe et al., 2006;*

FORZA

Rapporto H:Q meta-analisi SMD: 5 studi (n=216): rapporto Hcon/Qcon a 60°/s non differisce significativamente tra gli infortunati e i non infortunati (SDM=-0.50; 95%C.I. -1.17-0.18; p=0.15) - *Orchard et al., 2001; Bennell et al., 1998; Cameron et al., 2003 (3); Henderson et al., 2010 (14); Yamada & Mastumoto, 2009.*

Peak torque Hamstring meta-analisi SMD: 4 studi (n=195): peak torque (concentrica) H non differisce significativamente tra gli infortunati e i non infortunati (SDM=-0.24; 95%C.I. -0.85-0.37; p=0.44) - *Orchard et al., 2001; Bennell et al., 1998; Cameron et al., 2003 (3); Henderson et al., 2010 (14).*

Peak torque Quadricipiti meta-analisi SMD: 4 studi (n=195): peak torque (concentrica) Q differisce significativamente tra gli infortunati e i non infortunati ed è da considerarsi un fattore di rischio significativo (SDM=0.43; 95%C.I. 0.05-0.81; p=0.03) - *Orchard et al., 2001; Bennell et al., 1998; Cameron et al., 2003 (3); Henderson et al., 2010 (14).*

Storia di infortunio HI Meta-analisi RR: 7 studi (n=2952) supportano l'ipotesi che una storia di HI rappresenti un fattore di rischio HI significativo (RR=2.68; 95%C.I. 1.99-3.61; p=0.00) - *Orchard et al., 2001; Gabbe et al., 2006; Warren et al., 2010 // (RR=4.06; 95%C.I. 2.39-6.89; P=0.00) - Arnason et al., 2004; Engelbresten et al., 2010 (6); Verrall et al., 2001 (7); Watsford et al., 2010 (10);*

Tabella 6: Tabella riassuntiva delle revisioni sistematiche incluse

Gli studi osservazionali inclusi in questa revisione della letteratura comprendono diciotto studi prospettici di coorte e uno studio retrospettivo per un totale di diciannove articoli. La popolazione totale presa in esame comprende 4.017 atleti provenienti dal mondo del calcio^(18,19,20,21,23,24,3,28,30), del football Australiano^{16,18,25,26,35,34)}; dall'atletica^(27,33) e dal rugby⁽²⁹⁾. Il periodo di follow-up variava tra 10 mesi e 4 anni. Le revisioni sistematiche invece sono due: *Van Beijsterveldt et al.*⁽¹⁵⁾ 2013 e *Freckleton et al.*⁽⁶⁾ 2013, quest'ultima con meta analisi. Sono stati analizzati rispettivamente 7 e 34 studi in seguito ad una selezione accurata di tutta la letteratura scientifica. La popolazione presa in considerazione da entrambi gli studi comprende soggetti sportivi provenienti da diverse discipline. Nello studio di *Freckleton et al.* sono stati analizzati quattordici studi prospettici che esaminavano le HI nella pratica del football Australiano, undici studi analizzavano il mondo del calcio, cinque studi l'atletica e quattro studi hanno indagato il rugby. Il periodo di follow-up variava tra 3 settimane e 8 anni. Nello studio di *Van Beijsterveldt et al.* sono stati analizzati studi prospettici con un periodo di follow-up di una o due stagioni calcistiche. Le popolazioni erano costituite esclusivamente da calciatori di sesso maschile (1755 atleti in totale), professionisti e dilettanti, che militavano sia in campionati europei che brasiliani.

Infine, il filo conduttore che unisce l'impegno scientifico di tutti questi articoli è stata la ricerca dei fattori di rischio intrinseci per le Hamstring injury, più nel dettaglio i fattori di rischio analizzati in questi studi sono (Tabella 7):

FATTORI DI RISCHIO MODIFICABILI	AUTORI
Asimmetria nello sviluppo di forza eccentrica e/o concentrica dei muscoli H	2; 3; 4; 5; 6; 8; 11; 13; 15; 16; 20; 21
Asimmetria nello sviluppo di forza eccentrica e/o concentrica del muscolo Q	2; 3; 4; 12; 13; 16; 20; 21
Alterato rapporto H/Q	3; 4; 5; 12; 13; 16; 20; 21
Ridotta flessibilità dei muscoli H rispetto all'arto controlaterale	1; 5; 8; 9; 10; 12; 20
Ridotta flessibilità del muscolo Q rispetto all'arto controlaterale	1; 5; 10
Ridotta mobilità neurale	1; 17
Deficit propriocettivo	3; 5
<u>NON MODIFICABILI</u>	
Età	1; 7; 10; 11; 13; 14; 17; 20; 21
Precedenti infortuni	3; 5; 6; 7; 13; 15; 17; 18; 19; 20; 21
BMI	21
Altezza	1; 7; 10; 11; 21
Peso	7; 10; 11; 21

Tabella 7: Tabella riassuntiva dei fattori di rischio analizzati dagli studi inclusi

5. DISCUSSIONE

5.1. Analisi e confronto dei domini valutativi riguardanti il fenomeno hamstring injury

5.1.1 Forza

Uno dei principali fattori di rischio intrinseci proposti per le HI è la debolezza muscolare di H e Q durante le contrazioni concentriche e/o eccentriche⁽⁶⁾. La forza muscolare è stata valutata principalmente in due modi: confrontando il rapporto tra i valori di forza massima dei flessori di ginocchio con il loro gruppo muscolare antagonista, estensori di ginocchio (H/Q)⁽¹³⁾. Il secondo metodo si basa invece sulla comparazione della coppia di forza massima dei due arti inferiori, focalizzando l'attenzione sempre sui muscoli Q e H. Con coppia di forza massima viene intesa la massima forza muscolare espressa in una contrazione concentrica⁽⁶⁾. Due sono anche le modalità con cui sono stati misurati i Newton espressi da entrambi i gruppi muscolari⁽¹³⁾. Gli studi^(17,18,19,20,27,3) hanno utilizzato il Test Isocinetico, mentre gli studi^(21,23,26,29) hanno usufruito del Test di forza Nordic Hamstring, solo uno studio⁽³⁰⁾ li ha sfruttati entrambi.

Il Test Isocinetico ha la capacità di analizzare le contrazioni sia concentrica che eccentrica di entrambi i gruppi muscolari H e Q⁽¹⁷⁾. Per una corretta esecuzione i partecipanti vengono esaminati in posizione seduta assicurati con apposite cinture alla vita e al petto⁽¹⁸⁾. L'asse di rotazione del dinamometro è perfettamente allineato al centro del condilo femorale laterale dell'arto da esaminare⁽¹⁸⁾. Il parastinchi, direttamente connesso al dinamometro, viene fissato 2 cm prossimalmente al malleolo laterale⁽¹⁸⁾. In base alla modalità di contrazione analizzata e al gruppo muscolare esaminato sono date istruzioni al paziente sull'esecuzione del movimento⁽¹⁸⁾.

La valutazione della forza usando il dispositivo Nordic Hamstring, invece, analizza esclusivamente la contrazione eccentrica dei flessori di ginocchio⁽²¹⁾. Ai partecipanti è data indicazione di disporsi in ginocchio su di una superficie imbottita⁽²¹⁾. Le caviglie sono fissate superiormente al malleolo laterale con delle bretelle contenenti

celle di carico⁽²¹⁾. I partecipanti sono istruiti a inclinarsi gradualmente, resistendo al massimo delle loro capacità a questo movimento, mantenendo il tronco e le anche in posizione neutra⁽²¹⁾.

La difficoltà nelle comparazioni dei dati presenti in letteratura è data principalmente dalla molteplicità di variabili che concorrono in questa misurazione⁽¹⁵⁾. Oltre alle due differenti metodiche di acquisizione dei dati e al tipo di contrazione concentrica/eccentrica, vi è anche la variabile velocità angolare con cui viene misurata la forza 30°/s, 60°/s, 180°/s, 240°/s, 300°/s spesso non uniforme tra i vari studi⁽¹⁵⁾.

5.1.1.1 Rapporto H/Q

Nella revisione sistematica con meta-analisi di *Freckleton et al.* per misurare il rapporto H/Q con contrazione concentrica sono stati analizzati cinque studi che hanno coinvolto un totale di 216 atleti, di questi articoli sono stati confrontati i risultati dei test isocinetici a bassa velocità (60°/s)⁽⁶⁾. Le conclusioni che ne emergono però non sono uniformi (SDM = -0,50, IC 95%: -1,17 a 0,18, p = 0,15) ed è stato quindi proposto dagli stessi autori una prosecuzione della ricerca, consigliando di implementare il numero di atleti coinvolti e di modificare le variabili di velocità angolare e di contrazione⁽⁶⁾. Altri autori hanno quindi utilizzato una serie di metodi alternativi per misurare il rapporto H/Q^(6,13,15). *Yeung et al.* ad esempio hanno voluto ricercare i fattori di rischio per le HI in 44 velocisti agonisti sempre basandosi sul test isocinetico all'inizio della stagione sportiva, ma considerando il picco di torque a velocità angolare costante di 180°/s⁽²⁷⁾. Il rapporto tra la forza espressa dagli H a quella espressa dal Q si è dimostrato un fattore significativo predisponente ad infortuni (p=0.01); in particolare, quando questo rapporto era inferiore a 0.6, il rischio di lesione agli hamstring si è dimostrato superiore di 17 volte (p=0.03, HR 17.4, 95% IC, 1.31-231.4)⁽²⁷⁾. Sebbene da questi risultati sembrerebbe che una valutazione isocinetica pre-stagione potrebbe essere utile ad identificare squilibri muscolari da correggere per prevenire l'insorgenza di infortuni agli hamstring, gli autori hanno sottolineato tra le criticità (oltre alla scarsa numerosità del campione) come questo rapporto sia utilizzato prevalentemente nella valutazione degli sport di velocità, e quindi rappresenti un risultato difficilmente

trasferibile ad altre discipline⁽²⁷⁾. Importante è stato quindi lo studio prospettico di coorte pubblicato nel 2017 da *Lee et al.*⁽³⁾. In questo studio è stata analizzata una popolazione composta da 146 calciatori professionisti⁽³⁾. Per la valutazione del rapporto H/Q hanno applicato un protocollo che includeva contrazioni concentriche di flessione ed estensione di ginocchio a 60°/s e 240°/s e contrazioni eccentriche di flessione di ginocchio a 30°/s⁽³⁾. I risultati in questo caso sono stati concordi nel definire che un minore rapporto H/Q, in particolare per la contrazione concentrica, pre-stagione aumenta la probabilità di infortunio di 3.1 volte (95% CI = 1.37-7.22, p=0.01)⁽³⁾.

In conclusione la letteratura scientifica, anche se inizialmente scettica, ora è sempre più concorde nel definire il rapporto H/Q come fattore di rischio per le HI⁽¹³⁾.

5.1.1.2 Asimmetria nello sviluppo di forza eccentrica e/o concentrica dei muscoli H e Q

Nella revisione sistematica di *Freckleton et al.* sono stati analizzati tutti i dati presenti in letteratura fino al 2013 per valutare se un'asimmetria nello sviluppo di forza eccentrica e/o concentrica dei muscoli H e Q potesse essere considerato un potenziale fattore di rischio intrinseco per le HI⁽⁶⁾. Nello specifico hanno risposto a questi stringenti criteri di inclusione quattro studi, con un ammontare complessivo di 195 partecipanti⁽⁶⁾. In tutti e quattro gli studi inclusi nella meta-analisi non vi sono dati a supporto che una minore coppia di forza massima degli H rispetto a Q possa essere considerata come un fattore di rischio per le HI (SDM = - 0,24, IC 95% da - 0,85 a 0,37, p = 0,44, I² = 58%). Al contrario, l'analisi statistica ha supportato l'ipotesi che un aumento della coppia di forza massima del muscolo Q rispetto agli H possa essere considerato un fattore di rischio (SDM = 0,43, IC 95% da 0,05 a 0,81, p = 0,03, I² = 0). Studi più recenti di *Van Dyk et al.* datati 2016⁽¹⁷⁾ e 2017⁽³⁰⁾ confermano i risultati riportati dalla revisione di *Freckleton et al.* e apportano delle specifiche esprimendo le velocità angolari in cui sono stati identificati i risultati, rispettivamente 60°/s (OR 1.41; 95% C.I. 1.03-1.92; p=0.03) e 300°/s (OR=2.06; 95%C.I. 1.21-3.51; p=0.008).

La letteratura è quindi unanime nel definire un'elevata coppia di forza massima del muscolo Q rispetto agli H un fattore di rischio per le HI, lo stesso però non può essere affermato per i muscoli ischiocrurali⁽¹³⁾.

5.1.2 Flessibilità

Un altro fattore di rischio che si trova al centro di numerose discussioni è la flessibilità della muscolatura direttamente interessata alla lesione, gli Hamstring⁽⁵⁾. Alcune volte viene valutata anche la flessibilità dei loro muscoli antagonisti (Q) o in generale dei muscoli flessori d'anca⁽⁵⁾. Gli autori hanno ipotizzato che per far fronte ad una minor flessibilità dei muscoli flessori d'anca o del quadricipite, gli ischiocrurali vengano sottoposti a maggiori stress per compensare questo squilibrio, specialmente durante la fase finale dello swing nei movimenti di accelerazione, che predisporrebbe ad un loro infortunio^(16,13). Molteplici sono le modalità con cui i vari autori sono andati a misurare la flessibilità; persino lo stesso muscolo, in differenti studi, è stato misurato con tecniche diverse (Tabella 8). Tale eterogeneità ha inevitabilmente portato a un'oggettiva difficoltà nel confronto tra i vari studi.

AUTORI	MUSCOLO INTERESSATO	TEST UTILIZZATO
Witvrouw et al., 2003	Hamstring	Valutazione Goniometrica
Gabbe et al., 2005	Hamstring	Active Knee Extension Test
	Flessibilità generale dell'arto inferiore Iliopsoas/Quadricipite	Sit and Reach Test Thomas Test modificato
Yeung et al., 2009	Hamstring	SLR test (<i>straight leg raising</i>)
Fousekis et al., 2010	Hamstring/Quadricipite	Valutazione Goniometrica
Watsford et al., 2010	Hamstring	Kham test unilaterale
	Flessibilità generale dell'arto inferiore	Kleg test unilaterale
Timmins et al., 2015	Bicipite Femorale	Valutazione con Ultrasuono

Tabella 8: Tabella riassuntiva dei metodi di valutazione della flessibilità

In generale questi metodi di valutazione sono stati criticati per il loro approccio statico. Va sottolineato che i risultati di misure statiche, come ad esempio il test di Thomas, non dovrebbero essere generalizzati ad azioni dinamiche come lo sprint⁽¹³⁾.

Inoltre la valutazione della flessibilità è stata molte volte considerata di un singolo muscolo mentre, essendo in un sistema complesso, non risulta appropriato e soddisfacente⁽¹³⁾.

5.1.2.1 Ridotta flessibilità dei muscoli H e Q

La flessibilità è uno dei fattori di rischio che ad oggi richiedono ulteriori ricerche per chiarire adeguatamente il loro coinvolgimento nelle HI⁽¹⁵⁾. Questo a causa di risultati inconcludenti, misurazioni non omogenee e una significativa eterogeneità tra gli studi ($I^2=99\%$)⁽⁶⁾. Nei due studi inclusi nella revisione sistematica con meta-analisi (407 partecipanti) hanno valutato la lunghezza degli hamstring utilizzando l'*Active Knee Extension Test* (AKE), ma senza individuare risultati statisticamente significativi (RR=1,89, IC 95% da 0,93 a 3,83, $p=0,08$, $I^2=0$)⁽⁶⁾. Solo lo studio di *Malliaropoulos et al.*, non incluso nella meta-analisi, ha riferito che le HI ricorrenti sono state più probabili negli atleti con un deficit all'AKE di 10°-19° a 48 ore dalla lesione iniziale, rispetto ai deficit AKE più grandi o più piccoli⁽³³⁾. Tre studi invece hanno misurato la flessibilità degli H utilizzando la Valutazione Goniometrica, per un totale di 907 partecipanti e sono stati inclusi nella meta-analisi⁽⁶⁾. Anche con questa modalità di misurazione non vi è stata differenza statisticamente significativa nei risultati tra i gruppi che hanno avuto HI e quelli che non hanno avuto l'infortunio (SDM=1,13, IC 95% da -1,08 a 3,35, $p=0,32$)⁽⁶⁾. Ad altri risultati è approdato il recente studio di *Timmins et al.* che nel 2015 ha valutato la lunghezza del bicipite femorale utilizzando gli ultrasuoni⁽²³⁾. Gli autori hanno precedentemente ipotizzato che i fascicoli più corti del bicipite femorale, ossia quelli con un numero inferiore di sarcomeri in serie, sarebbero potuti incorrere in un eccessivo tensionamento. Ipotesi confermata dai risultati statisticamente significativi i quali dimostrano che la lunghezza del bicipite femorale è stata inversamente proporzionale all'incidenza delle HI (OR=0.261; 95%C.I. 0.10-0.57; $p=0.002$). Concludendo, però, gli stessi autori affermano come questa modalità di misurazione e i risultati che ne sono conseguiti siano da considerare degli starter per futuri studi e non delle affermazioni definitive⁽²³⁾. Ad oggi non si può quindi affermare che una ridotta flessibilità degli H rappresenti un potenziale fattore di rischio per HI^(6,13,15).

Minori sono gli studi riguardanti la flessibilità del muscolo quadricipite o dei muscoli

flessori d'anca, ma sono tutti più concordi nell'asserire che una loro ridotta estensibilità è statisticamente correlata a nuove HI^(6,16,20,25). In particolare nello studio di *Gabbe et al.* è riportato come una ridotta estensibilità dei flessori d'anca risultata essere statisticamente correlata a nuovi infortuni (RR 1.15, 95% IC, 1.01-1.31; p=0.040)⁽¹⁶⁾. Tanto che per ogni grado di flessione d'anca in più al test di Thomas modificato, il rischio di infortuni agli ischiocrurali è aumentato del 15%; mentre una maggiore flessibilità dei quadricipiti diminuisce le probabilità di contrarre HI (RR 0.3, 95% C.I. 0.1-0.8; p=0.022)⁽¹⁶⁾.

5.1.3 Propriocezione e mobilità neurale

Non sono molti gli studi che sono andati ad approfondire la propriocezione e in generale la mobilità neurale come fattori di rischio⁽¹³⁾. Svitati possono essere i motivi: dalla difficoltà nell'oggettivare queste misure, alle innumerevoli variabili che devono essere isolate per poter analizzare nello specifico questi fattori di rischio, ai pochi risultati utili emersi negli studi che le hanno analizzate⁽¹⁵⁾. Sicuramente però la comunità scientifica ha ancora molte domande a cui deve rispondere. Infatti, anche se fino ad oggi la ridotta tensione neurale non è stata dimostrata essere un fattore di rischio, può però avere indirettamente un effetto attraverso la riduzione del ROM? Sappiamo quali effetti ha sulla capacità di produrre forza?⁽¹³⁾

Gabbe et al. hanno provato a rispondere a queste domande in due diversi studi, uno datato 2004 e l'altro 2005^(16,35). Sono andati ad indagare la ridotta mobilità neurale come potenziale fattore di rischio poiché avevano notato che un'eccessiva stimolazione della colonna in alcuni soggetti, portava ad un'irritabilità delle strutture neurali⁽³⁵⁾. A lungo andare quest'irritabilità portava a problematiche nell'attivazione muscolare, con conseguente aumento della vulnerabilità dei muscoli ischiocrurali⁽³⁵⁾. A sostegno di questa ipotesi, è stato dimostrato che l'attivazione EMG degli H durante la locomozione è significativamente diversa per i soggetti con e senza lombalgia⁽³⁵⁾. In entrambi gli studi sono andati a misurare la mobilità neurale con lo Slump Test, ma ambedue le volte non sono giunti a risultati significativi^(16,35).

Se misurare la mobilità neurale risulta complesso, forse lo è ancor più la misurazione della propriocezione. Due studi inclusi in questa revisione della letteratura sono andati ad indagarla, *Cameron et al.* nel 2003 e successivamente *Fousekis et al.* nel 2010, entrambi con modalità differenti^(18,20). Nello studio di *Cameron et al.* il

controllo propriocettivo degli arti inferiori o come riportato nell'articolo Movement Discrimination (MD) è stato valutato con un apparecchio di discriminazione dell'estensione del movimento attivo appositamente costruito, l'AMEDA (Waddington and Adams, 1999)⁽¹⁸⁾. Strumento ingegnoso con la capacità di discriminare attraverso la variazione dell'altezza di una piastra motorizzata la capacità propriocettiva di ogni singolo atleta⁽¹⁸⁾. Mentre nello studio di *Fousekis et al.* la propriocezione è stata valutata con misurazioni cinestesiche bilaterali utilizzando uno stabilizzatore Prokin-200 (Prokin, Technobody, Dalmine, Bergamo)⁽²⁰⁾. In questo test, il giocatore ha dovuto coprire una sequenza di cinque rotazioni con l'arto inferiore al meglio delle sue capacità usando un cursore controllato da una piattaforma elettronica⁽²⁰⁾. La precisione nel compiere le rotazioni rifletteva la capacità di coordinazione neuromuscolare degli arti inferiori. *Fousekis et al.* non hanno riscontrato risultati statisticamente significativi, mentre *Cameron et al.* hanno ottenuto indici di AMEDA significativamente peggiori nei futuri infortunati rispetto ai futuri non-infortunati ($p=0.007$); nessun giocatore con media MD superiore alla media è successivamente incorso in HI⁽²⁰⁾. Gli stessi autori però evidenziano la necessità di nuovi studi, il loro studio includeva solo 20 giocatori professionisti di football australiano, campione troppo basso per poter generalizzare i risultati⁽²⁰⁾.

5.1.4 Altre variabili (non modificabili)

Dieci studi hanno osservato come le **precedenti HI** rappresentino un potenziale fattore di rischio per successive HI^(18,20,21,22,3,35,33,34,15,6). La meta-analisi condotta nel 2013 da *Freckleton et al.*⁽⁶⁾ ha analizzato una popolazione sportiva di 2952 atleti ed ha concluso che vi sono valori statisticamente significativi nell'affermare che un precedente lesione ai muscoli ischiocrurali rappresenti un effettivo fattore di rischio ($RR=2,68$, IC 95% da 1,99 a 3,61, $p=0,00$) e ($OR=4,06$, IC 95% da 2,39 a 6,89, $p=0,00$)⁽⁶⁾. Altri studi apportano anche un contributo numerico sostenendo che precedenti HI possano aumentare il rischio di nuove lesioni di 2/6 volte rispetto ad atleti che non ne hanno mai avute^(16,20,29). Non sono giunti alle stesse conclusioni né *Cameron et al.*, né *Fousekis et al.* che hanno invece rilevato come una storia di precedenti infortuni agli hamstring non rappresenti un fattore di rischio per recidive

di lesione, ma addirittura un fattore protettivo, in quanto l'OR calcolato era di 0.15 95% CI, 0.029-0.79, (p=0.02)^(18, 20). In fine non vi è ancora uniformità di vedute sulla motivazione principale della seconda lesione muscolare, se questa derivi intrinsecamente dalla lesione iniziale (analizzando diverse MRI è stata riscontrata la presenza di tessuto cicatriziale fino ad un anno dopo il ritorno dell'atleta allo sport) oppure da un'inadeguata riabilitazione⁽¹³⁾.

Concludendo, anche se persistono alcuni dati contrastanti e alcune caratteristiche non ancora ben definite come sopra citato, l'analisi dei vari risultati riportati in letteratura converge nell'affermare che **precedenti HI** rappresentino un potenziale fattore di rischio per successive HI^(6,15,13).

Anche **l'aumento dell'età** risulta essere un fattore di rischio per le lesioni muscolari: *Orchard et al.*⁽³⁴⁾ hanno osservato che ad essa consegue sia ad una perdita di forza da denervazione delle fibre di tipo II sia, per quanto riguarda gli ischiocrurali, alla degenerazione delle radici spinali di L5 e S1 e all'ipertrofia del legamento lombosacrale. Sette studi inclusi nella meta-analisi di *Freckleton et al.*,⁽⁶⁾ rappresentati da una popolazione complessiva di 3199 sportivi, supportano l'ipotesi che l'età rappresenti un fattore di rischio HI. I risultati hanno complessivamente dato conferma mostrando valori statisticamente significativi (SDM=2.5; 95%C.I. 0.78-4.15; p=0.004). Più critica è la revisione sistematica di *Van Beijsterveldt et al.*⁽¹⁵⁾. L'età è stata identificata come un fattore di rischio comune per le HI, ma questo non è stato valutato o stabilito in tutti gli articoli inclusi nella revisione. L'età media dei giocatori differisce negli studi inclusi e variava da 23 a 46 anni, oltre al fatto che uno studio, *Witvrouw et al.* 2003⁽²⁴⁾, non ha specificato l'età dei giocatori. La disuguaglianza nei risultati potrebbe essere dovuta alle differenze tra gli studi in termini di profilo di età dei partecipanti⁽¹⁵⁾. L'età potrebbe essere correlata al livello di gioco, poiché la popolazione analizzata nei vari articoli varia da professionisti ad amatori^(13,15). A conferma di questa ipotesi, è stato osservato che i giocatori con un precedente infortunio agli hamstring spesso erano significativamente più vecchi dei giocatori non infortunati⁽¹⁵⁾. Quindi negli studi che andavano ad analizzare una popolazione con età maggiore vi era già in partenza una più alta probabilità che incorressero HI^(13,15). Una smentita a questa critica, però, arriva dallo studio di *Verrall et al.* che dopo aver confermato l'età come fattore di rischio (OR 1.3;

95%C.I. 1.1-1.5; $p=0.005$), dimostra che questi risultati rimangono significativi anche quando i soggetti con storia pregressa HI sono rimossi dall'analisi statistica in quanto potenziali fattori confondenti⁽²²⁾.

In fine, entrambe le revisioni sistematiche *Freckleton et al.*⁽⁶⁾ e *Van Beijsterveldt et al.*⁽¹⁵⁾ concordano nell'affermare che sia il **peso** che **l'altezza** non rappresentano fattori di rischio rilevanti per traumatismi agli hamstring, ma che dovranno comunque essere tenute in considerazione in futuri studi con approccio statistico multivariato.

5.2. Critiche metodologiche

Come presentato nell'introduzione, i due autori *Holm e Bahr* nel 2003 hanno analizzato in maniera critica non solo i risultati presenti in letteratura sui fattori di rischio per le HI, ma anche come gli studi erano stati strutturati⁽¹⁴⁾. Nel loro studio terminano evidenziando le numerose debolezze metodologiche e proponendo dei criteri che dovrebbero essere inclusi negli studi futuri^(13,14).

- I futuri studi devono tenere conto che le HI derivano da una complessa interazione di più fattori di rischio ed eventi. Pertanto, dovrebbe essere utilizzato un approccio statistico multivariato⁽¹⁴⁾.
- Gli studi sui fattori di rischio devono essere progettati correttamente, nella maggior parte dei casi uno studio prospettico di coorte è il modello appropriato⁽¹⁴⁾.
- La dimensione del campione dello studio deve essere di almeno 200 soggetti e riportare almeno 20-50 HI per essere considerati di minima qualità⁽¹⁴⁾.
- L'accuratezza dei metodi utilizzati per misurare i potenziali fattori di rischio e un opportuno adeguamento per le variabili confondenti sono fattori critici che possono influenzare considerevolmente i risultati ottenuti⁽¹⁴⁾.

Non sono molti gli studi inclusi in questa revisione sistematica della letteratura che presentano questi criteri. Oltre alle due revisioni sistematiche, tutti gli articoli presenti sono studi prospettici di coorte, ma di questi diciannove articoli inclusi solo cinque presentano un approccio multivariato^(21,22,26,3,35). Di questi, tre includono una popolazione superiore a 200 pazienti e riportano più di 20 casi di HI^(21,26,35). In fine

ben undici studi^(19,20,23,24,25,26,27,3,29,30,35) non hanno usato un opportuno adeguamento per le variabili confondenti.

5.3 Implicazioni per pratica clinica e ricerche future

Nonostante la rilevanza epidemiologica delle lesioni agli ischiocrurali, l'esiguo numero di studi di coorte di buona qualità rappresenta ancora un limite per poter generalizzare dei risultati significativi basati su solide evidenze^(6,13,15). Per questo motivo, si ritiene opportuno attendere che future ricerche, in particolare studi prospettici di coorte, approfondiscano con maggiore rigore metodologico l'analisi dei fattori di rischio per le HI⁽¹⁴⁾. I futuri studi dovranno essere condotti con un campione maggiore di atleti, dovranno basarsi su un approccio statistico multivariato ed effettuare un opportuno adeguamento per le variabili confondenti⁽¹⁴⁾. Dovranno mantenere distinti i due gruppi di studio: élite e non-élite per le eccessive diversità che caratterizzano queste due macro categorie di studio, non solo per quanto riguarda i fattori di rischio intrinseci ma anche per quelli estrinseci⁽¹³⁾.

Ad oggi però, come sopra citato, alcuni fattori di rischio modificabili hanno presentato in letteratura dei risultati statisticamente significativi e averli evidenziati in maniera critica rappresenta uno dei maggiori punti di forza di questa revisione della letteratura (Figura 2).

Figura 2: fattori di rischio intrinseci modificabili:

Domini valutativi rispondenti ai fattori di rischio modificabili per le HI

Ridotto rapporto H/Q^(3,13,15,27)

Elevata coppia di forza massima Q^(6,13,15,17,30)

Ridotta flessibilità Q^(6,15,16,20,25)

Ridotta flessibilità flessori d'anca^(6,13,16,20,25)

Viene sottolineato il termine modificabili perché proprio su questi fattori di rischio possiamo andare ad agire per diminuire l'incidenza delle HI. L'importanza di averli individuati non è quindi fine a se stessa, ma risulta la base per la costruzione di un modello di prevenzione cucito su ogni singolo atleta⁽¹³⁾.

6. CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di ricercare evidenze riguardo i fattori di rischio intrinseci che predisponessero l'atleta a future Hamstring Injury. In letteratura vi sono numerosi studi al riguardo, tuttavia sono ancora numerose le debolezze metodologiche e di conseguenza l'elevata eterogeneità dei risultati. Dai risultati degli studi di coorte esaminati e dal loro confronto con le revisioni sistematiche riportate si evince che: un **deficit di estensibilità del quadricipite e dei flessori d'anca**, un **aumento della coppia di forza del quadricipite** rispetto agli Hamstring e una **riduzione del rapporto H/Q**, sembrerebbero essere i fattori di rischio modificabili maggiormente condivisi dai diversi autori.

Altri aspetti utili da considerare anche se non modificabili sono, una **storia di precedenti infortuni agli hamstring** e **l'aumento dell'età**, entrambi fattori di rischio che vanno ad agire sulla qualità e le caratteristiche intrinseche dei tessuti.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Ahmad C.S., Ciccotti M.G., Maffulli N. et al. *Evaluation and management of hamstring injuries*. Am J Sports Med. 2013 Dec; 41(12):2933-2947.
2. Mueller-Wohlfahrt H-W., et al. *Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement*. Br J Sports Med 2013; 47:342–350.
3. Lee J.W.Y., Mok K.M., Chan H.C.K., Yung P.S.H., Chan K.M. *Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players*. J Sci Med Sport. 2017 Aug;21(8):789-793.
4. Ekstrand J., Waldén M., Hägglund M. *Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study*. Br J Sports Med 2016Jun;50(12):731-7.
5. De Visser H.M., Reijman M., Heijboer M.P., Bos P.K. *Risk factors of recurrent hamstring injuries: a systematic review*. Br J Sports Med. 2012 Feb; 46(2):124-130.
6. Freckleton G., Tania P. et al. *Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis*. Br J Sports Med. 2013;47:351–358.
7. Askling C.M., Malliaropoulos N., Karlsson J. *High-speed running type or stretching- type of hamstring injuries makes a difference to treatment and prognosis*. Br J Sports Med 2012;46(2):86–87.
8. Deal D.N., Tipton J., Rosencrance E., Curl W.W., Smith T.L. *Ice reduces edema. A study of microvascular permeability in rats*. J Bone & Joint Surg 2002;84-A:1573-1578.
9. Askling C.M., Koulouris G., Saartok T., Werner S., Best T.M. *Total proximal hamstring ruptures: clinical and MRI aspects including guidelines for postoperative rehabilitation*. Am J Sports Med. 2013 Mar;21(3):515-33.
10. Chan, O., Del Buono, A., Best, T. M., & Maffulli, N. *Acute muscle strain injuries: a proposed new classification system*. Knee Surgery Sports Traumatology, Arthroscopy, 2012;20(11), 2356–2362.
11. Petersen JI, Hölmich P. *Evidence based prevention of hamstring injuries in sport*. Br J Sports Med. 2005 Jun;39(6):319-323.

12. Christopher R. Ropiak, M.D., and Joseph A. Bosco, M.D. *Hamstring Injuries*”, Bull NYU Hosp Jt Dis. 2012;70(1):41-8.
13. Mendiguchia J., Alentorn-Geli E., Brughelli M. *Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction?* Br J Sports Med. 2012 Feb;46(2):81-5.
14. Bahr R., Holme I. *Risk factors for sports injuries – a methodological approach.* Br J Sports Med 2003;37:384–92.
15. Van Beijsterveldt A.M, van de Port I.G., Vereijken A.J., Backx F.J. *Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies.* Scand J Med Sci Sports. 2013 Jun;23(3):253-62.
16. Gabbe B.J., Finch C.F., Bennell K.L., Wajswelner H. *Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football.* Br J Sports Med. 2005 Feb;39(2):106-10.
17. Van Dyk N., Bahr R., Whiteley R., Tol J.L., Kumar B.D., Hamilton B., Farooq A., Witvrouw E. *Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study.* Am J Sports Med. 2016 Jul;44(7):1789-95.
18. Cameron M., Adams R., Maher C. *Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football.* Physical Therapy in Sport 2003;4(4):159–166.
19. Croisier J.L., Ganteaume S., Binet J., Genty M., Ferret J.M. *Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players.* The American Journal of Sports Medicine 2008;36(8):1469–1475.
20. Fousekis K., Tsepis E., Poulmedis P., Athanasopoulos S., Vagenas G. *Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players.* Br J Sports Med. 2011Jul;45(9):709-14.
21. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. *Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study.* Am J Sports Med. 2010 Jun;38(6):1147-53.
22. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT, Spriggins AJ. *Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging.* Br J Sports Med. 2001 Dec;35(6):435-9;

23. Timmins R.G., Bourne M.N., Shield A.J., Williams M.D., Lorenzen C., Opar D.A. *Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study.* Br J Sports Med. 2016 Dec;50(24):1524-1535.
24. Witvrouw E., Danneels L., Asselman P., D'Have T., Cambier D. *Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study.* Am J Sports Med. 2003 Jan-Feb;31(1):41-6.
25. Watsford M. L., Murphy A. J., McLachlan K. A., Bryant A. L., Cameron M. L., Crossley K. M., Makdissi M. *A Prospective Study of the Relationship between Lower Body Stiffness and Hamstring Injury in Professional Australian Rules Footballers.* The American Journal of Sports Medicine 2010;38(10):2058–2064.
26. Opar D.A., Williams M.D., Timmins R.G., Hickey J., Duhig S.J., Shield A.J. *Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers.* Med Sci Sports Exerc. 2015 Apr;47(4):857-65.
27. Yeung S.S., Suen A.M., Yeung E.W. *A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor.* Br J Sports Med. 2009 Aug;43(8):589-94.
28. Henderson G., Barnes C.A., Portas M.D. *Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players.* J Sci Med Sport. 2009 Jul;13(4):397-402.
29. Bourne M.N., Opar D.A., Williams M.D., Shield A.J. *Eccentric Knee Flexor Strength and Risk of Hamstring Injuries in Rugby Union: A Prospective Study.* Am J Sports Med. 2015 Nov;43(11):2663-70.
30. Van Dyk N., Bahr R., Burnett A.F., Whiteley R., Bakken A., Mosler A., Farooq A., Witvrouw E. *A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: a prospective cohort study of 413 professional football players.* Br J Sports Med. 2017 Dec;51(23):1695-1702.
31. Oxman A.D., Cook D.J, Guyatt G.H. *Users' guides to the medical literature. VI. How to use an overview. Evidence-Based Medicine Working Group.* JAMA 1994;272:1367–71.
32. Sara H. D., Nick B. *The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions.* J Epidemiol Community Health 1998;52:377–384.

33. Malliaropoulos N., Isinkaye T., Tsitas K. *Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes*. Am J Sports Med 2011;39:304–10.
34. Orchard J.W. *Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football*. Am J Sports Med 2001;29:300–3.
35. Gabbe B. J., Bennell K. L., Finch C. F., Wajswelner H., Orchard J. W. *Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football*. Scand J Med Sci Sports 2004;16:7-13.
36. Engebretsen A.H., Myklebust G., Holme I. *Prevention of injuries among male soccer players a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function*. Am J Sports Med. 2008 Jun; 36(6):1052-1060.