

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

**Il rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli
infortuni ai muscoli ischio-crurali: revisione basata
sull'evidenze**

Tesi di Laurea in Scienze del movimento umano (C.I.)

Presentata da:

Giacomo Moretti

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa
Sandra Zardi

Sessione II

Anno Accademico 2017/2018

ABSTRACT

Introduzione: Le lesioni muscolari agli ischiocrurali sono fra i più frequenti infortuni in cui incorre uno sportivo che compie gesti atletici come corsa, scatti e decelerazioni, cambi di direzione e salti. L'eziologia lesiva di questi muscoli dimostra come la stragrande maggioranza degli infortuni avvenga durante una contrazione eccentrica, dove i muscoli esercitano la loro principale funzione. A lesione ormai avvenuta le possibilità di intervento sono limitate, oltre a dover rispettare un inevitabile periodo di riposo dall'attività fisica. Per tali motivi si è deciso di indagare l'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni a tale gruppo muscolare.

Obiettivo: Ricercare le evidenze in letteratura sull'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni al gruppo muscolare degli ischiocrurali.

Metodi: La ricerca è stata svolta presso le principali banche dati biomediche, includendo le Revisioni Sistematiche pubblicate negli ultimi 10 anni in lingua inglese, che indagassero l'efficacia di un intervento comprendente il rinforzo muscolare eccentrico ai muscoli ischiocrurali su una popolazione di sportivi, e i cui *outcome* misurassero l'incidenza degli infortuni.

Risultati: Sono stati selezionati 3 studi, valutati tramite AMSTAR Checklist. I risultati raccolti dagli autori valutano positivamente, con più o meno evidenza scientifica, l'efficacia del rinforzo muscolare in prevenzione agli infortuni ai muscoli ischiocrurali, nel contesto in cui sono stati somministrati. Una revisione dimostra come la compliance all'intervento mostrata dai partecipanti influenzi significativamente i risultati ottenuti.

Conclusioni: I risultati ottenuti dalle revisioni suggeriscono il proseguimento delle ricerche riguardanti l'efficacia di tale intervento in prevenzione agli infortuni ai muscoli ischiocrurali, tramite nuovi studi condotti con un rigore metodologico maggiore. I limiti mostrati dagli studi inclusi devono essere usati come orientamento per le future ricerche, nel tentativo di giungere a risultati il più significativi possibili.

INDICE

INTRODUZIONE	p.7
Cap 1 – I MUSCOLI ISCHIO CRURALI	p.9
1.1 Anatomia e biomeccanica nell’ambito sportivo	p.9
1.2 Tipologie di lesioni muscolari	p.10
1.3 Eziopatogenesi delle lesioni indirette agli ischiocrurali	p.13
1.3 Rinforzo muscolare eccentrico	p.20
Cap 2 – MATERIALI E METODI	p.25
2.1 Scopo della ricerca	p.25
2.2 Metodi di ricerca.....	p.25
2.3 Strumenti per la valutazione di qualità delle revisioni.....	p.26
Cap 3 – RISULTATI	p.28
3.1 Selezione ed analisi degli studi.....	p.28
3.2 Descrizione degli studi	p.29
3.3 Valutazione critica della qualità metodologica degli studi inclusi.....	p.42
3.4 Tabelle sinottiche.....	p.44
Cap 4 – DISCUSSIONE	p.47
Cap 5 – CONCLUSIONI	p.52
BIBLIOGRAFIA	p.54
SITOGRAFIA	p.57

INTRODUZIONE

Quando per la prima volta mi sono avvicinato al mondo del calcio giocato, seppur amatoriale, ho subito trovato conferma di ciò che abbiamo appreso durante il nostro percorso universitario per quanto riguarda l'incidenza di infortuni dei muscoli ischio-crurali negli sportivi. In pochi giorni mi sono trovato a far fronte alle numerose richieste di consigli da parte di compagni e mister per l'ennesimo "tiroto" o "puntura" percepito nella regione posteriore della coscia, senza poter essere di grande aiuto. A evento ormai avvenuto le mie possibilità di intervento erano ridotte al protocollo P.R.I.C.E., ma la presenza di una qualsivoglia lesione a livello tissutale comportava obbligatoriamente un periodo di riposo dall'attività sportiva per concedere all'organismo il tempo necessario a riparare il danno. Mi sono chiesto dunque che tipo di lavoro potessi svolgere nel mio ruolo di futuro professionista per prevenire l'insorgenza di tali infortuni, riducendone l'incidenza ed evitando così lunghi periodi di riposo. Unendo tale necessità con ciò che ho appreso nella riabilitazione dello sportivo durante il mio tirocinio presso Isokinetic è nata quindi la mia scelta di trattare la tematica del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni ai muscoli ischio-crurali.

Il gruppo muscolare degli ischio-crurali è composto da tre distinti muscoli: m. semimembranoso, m. semitendinoso, m. bicipite femorale. Si tratta di muscoli poliarticolari della loggia posteriore della gamba, con la duplice funzione di flessori di ginocchio ed estensori d'anca. Le lesioni muscolari da trauma indiretto a carico di questa struttura anatomica sono assai frequenti fra gli atleti, soprattutto in tutti gli sport dove sono previste improvvise accelerazioni e decelerazioni, oltre ai cambi di direzione o velocità. Si va dalle più banali contratture fino ad arrivare agli strappi che possono essere anche di grave entità. Ad aggravare il tutto va considerata anche la grande facilità con cui questi determinati infortuni vanno incontro a recidive, rendendo a volte un vero e proprio calvario il ritorno alla piena forma fisica per gli sportivi professionisti, che spesso si ritrovano a vivere con il fantasma della ricaduta nell'infortunio. Da tale necessità nascono numerosi studi scientifici, volti a individuare i migliori protocolli da attuare per prevenire l'incidenza di tali infortuni.

L'eziologia lesiva degli infortuni agli ischio-crurali fa riferimento a diversi fattori di rischio, alcuni invariabili (come età, genere, etnia e precedenti traumi), altri variabili. Questi ultimi sono stati individuati nella flessibilità delle strutture anatomiche, la fatica ed in particolare negli squilibri di forza fra H:Q (Hamstring e Quadriceps). Infatti, uno squilibrio fra agonisti e antagonisti può portare ad un precoce affaticamento della struttura più debole, così facendo gli organi muscolo tendinei del Golgi ed i fusi neuromuscolari diventano inefficaci nella loro funzione di controllo motorio mandando incontro il muscolo ad un eccessivo e brusco allungamento, che può provocare la rottura delle fibre. Se ne evince che la fase di maggior rischio per i muscoli ischio-crurali sia durante la fase di contrazione eccentrica, attua a rallentare e frenare i movimenti degli arti inferiori durante le fasi di sprint, decelerazione, salto e calcio. Lo scopo che si prefigge questa tesi quindi è approfondire le strategie di trattamento preventivo che intervengono a ristabilire un corretto equilibrio di forze fra muscoli agonisti ed antagonisti, focalizzandosi nello specifico sui trattamenti volti al rinforzo muscolare in eccentrica dei muscoli ischio-crurali.

Per quanto concerne la struttura interna della tesi essa sarà composta da un primo capitolo di orientamento teorico sulla chinesioterapia e biomeccanica del gruppo muscolare degli ischiocrurali, per poi proseguire nella spiegazione delle varie tecniche di rinforzo muscolare soffermandoci in particolare sul ruolo della contrazione eccentrica. Nel capitolo Materiali e Metodi verrà esplicitata la strategia di ricerca attuata ed in conseguenti criteri di inclusione ed esclusione per la selezione degli studi. Proseguendo nel capitolo Risultati andremo ad analizzare più nel dettaglio i singoli studi per formare un quadro coerente di quanto si può constatare dalla letteratura. Nel capitolo successivo Discussione andremo ad effettuare un'analisi critica dei singoli studi confrontandoli fra loro nel metodo e nei contenuti. Infine, nel capitolo Conclusioni verrà effettuata una sintesi dei risultati dei diversi studi al fine di trarne indicazioni terapeutiche di strategie da attuare in ambito preventivo o per futuri approfondimenti sulla tematica.

Capitolo 1

I MUSCOLI ISCHIOCRURALI

1.1 Anatomia e biomeccanica nell'ambito sportivo

I muscoli ischiocrurali (in inglese *hamstring*) sono un gruppo di muscoli della loggia posteriore della coscia. Sono composti dal *muscolo semimembranoso* e dal *muscolo semitendinoso* nella parte mediale, e dal *capo lungo del muscolo bicipite femorale* nella parte laterale. Essi si accomunano per l'origine nella tuberosità ischiatica, per l'innervazione da parte del nervo ischiatico, e, in particolare, per la funzione. Infatti, si tratta di tre muscoli biarticolari con azione di estensori d'anca e flessori di ginocchio, i quali assumono un ruolo fondamentale nel cammino e nella corsa. Più nello specifico possiamo vedere:

- Muscolo semitendinoso: origina dalla tuberosità ischiatica e si inserisce nella superficie mediale dell'estremità prossimale della tibia formando insieme al m. gracile e al m. sartorio la cosiddetta *zampa d'oca*. È innervato dal nervo sciatico nella sua porzione tibiale. Svolge azione di flessione di ginocchio, estensione e intrarotazione dell'anca.
- Muscolo semimembranoso: origina dalla tuberosità ischiatica e si inserisce nella superficie posteriore del condilo mediale della tibia. È innervato dal nervo sciatico nella sua porzione tibiale. Svolge azione di flessione di ginocchio, estensione e intrarotazione dell'anca.
- Muscolo bicipite femorale (capo lungo): origina dalla tuberosità ischiatica e si inserisce sulla testa del perone e condilo laterale della tibia. È innervato dal nervo sciatico nella sua porzione tibiale. Svolge azione di flessione di ginocchio, estensione e intrarotazione dell'anca. Il capo breve del bicipite femorale non rientra in questo gruppo muscolare in quanto non origina dalla tuberosità ischiatica e svolge una funzione solo monoarticolare.

Concentriamoci ora sul ruolo che assumono all'interno di un contesto di attività sportiva, andando ad analizzare la loro funzione durante le varie fasi della corsa, che rappresenta il principale ambiente di infortuni nell'atleta.

Un'accurata analisi dei pattern d'attivazione dei muscoli della coscia durante la fase di corsa è stata eseguita da Higashihara et al. in un articolo pubblicato nel 2015 su "Gait & Posture" [1]. Prendendo come riferimento un solo arto inferiore dividiamo la corsa in due macro-fasi: la fase di stance (appoggio) e la fase di swing (oscillazione). Nella primissima fase di appoggio, appena il tallone tocca il suolo, gli ischiocrurali eseguono una contrazione concentrica a catena cinetica chiusa in sinergia con il quadricipite allo scopo di stabilizzare al massimo l'articolazione del ginocchio. Nella fase centrale di stance, nel momento in cui il piede risulta in pieno appoggio al terreno, eseguono l'estensione dell'anca permettendo un avanzamento del corpo. Infine, nell'ultima fase di swing eseguono una pre-attivazione di carattere eccentrico per frenare la flessione dell'anca e l'estensione del ginocchio. Da queste considerazioni è possibile comprendere come gli ischio-crurali non abbiano solo una funzione propulsiva, ma anche una funzione stabilizzatrice, assumendo notevole importanza in tutte le situazioni di cambi di direzioni e velocità. Tale funzione non è esclusiva della corsa, poiché entra in gioco in tutti i movimenti dell'arto inferiore che necessitano di un lavoro frenante e di controllo sull'articolazione dell'anca o del ginocchio. Basti pensare al gesto di calciare la palla: in questo contesto i muscoli ischiocrurali assumono un ruolo fondamentale nel frenare il movimento in catena cinetica aperta di estensione della gamba sulla coscia.

1.2 Tipologie di lesioni muscolari

Quando si parla di lesione muscolare si intende un danno alle fibre muscolari in seguito ad un trauma. La prima distinzione che è opportuno fare è fra le lesioni da trauma diretto e quelle da trauma indiretto. Nel primo caso si tratta di traumi in cui una violenta forza esterna agisce direttamente sul muscolo comprimendo le varie strutture anatomiche e causandone la rottura di alcune. In questo caso si parla di contusioni. Possono essere classificate, in base alla loro gravità, in tre gradi:

- Grado lieve, nelle quali è consentita oltre la metà dell'intero arco di movimento.
- Grado moderato, nelle quali è consentita meno della metà ma comunque più di 1/3 dell'intero arco di movimento.
- Grado severo, nelle quali è concesso un arco di movimento inferiore ad 1/3 dell'arco di movimento totale.

Per lesioni da trauma indiretto invece intendiamo un trauma in cui manca il contatto diretto contro una forza traumatica. Si può ipotizzarne l'origine in una disfunzione neuro-muscolare quale un improvviso allungamento passivo del muscolo per effetto di una forza di trazione applicata durante la fase di contrazione, oppure una troppo rapida contrazione del ventre muscolare a partire da uno stato di rilasciamento completo. Nell'ambito della classificazione delle lesioni muscolari da trauma indiretto, esiste purtroppo, in campo bibliografico, una certa confusione lessicale. I vari autori infatti utilizzano differenti terminologie classificative, che spesso non si rivelano altro che dei sinonimi, ma che, in ogni caso, generano una non indifferente confusione interpretativa. Presenteremo di seguito la classificazione delle lesioni da trauma indiretto che, secondo quanto appreso dalla letteratura, risulta essere di maggiore razionalità e applicabilità. Nanni (2000) ^[4] suddivide le lesioni muscolari da trauma indiretto, basandosi su criteri di ordine anamnestico, sintomatologico e anatomo-patologico in:

- Contrattura

Criterio anamnestico e sintomatologico:

- Si manifesta con una sintomatologia dolorosa che insorge quasi sempre ad una certa distanza dell'attività sportiva.
- La latenza d'insorgenza del dolore è variabile: da qualche ora al giorno dopo.
- Il dolore è mal localizzato, sostanzialmente imputabile ad un'alterazione diffusa del tono muscolare.
- Questo tipo di alterazione è probabilmente da ritenersi come consequenziale ad uno stato di affaticamento generale del muscolo.

Criterio anatomo patologico:

- Sono assenti lesioni anatomiche evidenziabili macroscopicamente o ad un'osservazione al microscopio ottico

- Stiramento

Criterio anamnestico e sintomatologico:

- Lo stiramento rappresenta sempre la conseguenza di un episodio doloroso acuto.

- La sede del dolore è, nella maggior parte dei casi, ben localizzata.
- Il soggetto è costretto ad interrompere l'attività sportiva anche se la sintomatologia lamentata non comporta necessariamente un'impotenza funzionale immediata.
- Il soggetto conserva un preciso ricordo anamnestico dell'episodio lesivo.

Criterio anatomo-patologico:

- Non sono presenti lacerazioni macroscopiche delle fibre
- Il disturbo funzionale e la conseguente sintomatologia possono essere attribuiti ad un'alterazione funzionale delle miofibrille, ad un'alterazione della conduzione neuro-muscolare, oppure a lesioni sub-microscopiche a livello sarcomerale.
- La conseguenza sul piano clinico è rappresentata da un ipertono muscolare contestuale a sintomatologia algica.

- Strappo di I° grado

Criterio anamnestico e sintomatologico (comune in tutti i gradi):

- Si manifesta con dolore acuto e violento durante l'attività attribuibile alla lacerazione di un numero variabile di fibre.
- Il soggetto è costretto ad abbandonare l'attività.

Criterio anatomo-patologico:

- Lo strappo è sempre accompagnato da stravasamento ematico più o meno evidente che è in funzione dell'entità, e della localizzazione anatomica della lesione, nonché dall'integrità o meno delle fasce.
- La classificazione in gradi è riferita all'entità del tessuto muscolare lacerato. Per questo motivo nello strappo di I° grado si verifica la lacerazione di poche miofibrille all'interno di un fascio muscolare, ma non la lacerazione dell'intero fascio.

- Strappo di II° grado

Criterio anatomo-patologico:

- Nello strappo di II° grado si verifica la lacerazione di uno o più fasci muscolari, che coinvolge comunque meno dei $\frac{3}{4}$ della superficie di sezione anatomica del muscolo nell'area considerata.
 - Il deficit funzionale è importante ma non assoluto.
- Strappo di III° grado
 Criterio anatomo-patologico:
 - In questo caso si verifica una perdita nella soluzione di continuità muscolare che coinvolge più dei $\frac{3}{4}$ della superficie di sezione anatomica del muscolo nell'area considerata.
 - Il deficit funzionale è praticamente assoluto

Inoltre, è doveroso sottolineare che la distinzione degli strappi muscolari basata sui tre gradi di gravità, non può ovviamente essere che operatore-dipendente e quindi soffrire di una certa arbitrarietà intrinseca.

1.3 Eziopatogenesi delle lesioni indirette agli ischiocrurali

Andiamo ora ad analizzare il processo di insorgenza di una lesione muscolare da trauma indiretto ai muscoli ischiocrurali e del suo sviluppo, con particolare attenzione alle sue cause.

Per generare movimento i vari gruppi muscolari lavorano in sincronia: quando un muscolo si accorcia, il muscolo con funzione opposta si deve rilassare allungandosi in modo tale da non impedire il movimento. Quando tiriamo un calcio (estensione di ginocchio) il muscolo quadricipite si contrae e gli ischiocrurali si allungano. La stessa cosa avviene quando avviciniamo la nostra coscia all'addome (flessione d'anca). Quando invece pieghiamo il ginocchio (flessione) avvicinando i talloni al bacino gli ischiocrurali si contraggono ed il quadricipite si rilassa. In buona parte degli atleti vi può essere un accorciamento della catena muscolare posteriore per cui gli ischiocrurali risultano deficitari di un'estensibilità adeguata a poter assecondare i movimenti degli arti inferiori in situazioni ad alta intensità di sforzo, sottoponendo le fibre muscolari a forze eccessive per la loro struttura e mandandole incontro a rottura. Inoltre è assai frequente riscontrare fra gli sportivi un certo squilibrio di forza tra i muscoli ischiocrurali ed il quadricipite a favore di quest'ultimo (rapporto H:Q). A causa di tale squilibrio i

muscoli ischiocrurali tendono ad affaticarsi precocemente rispetto al quadricipite. In un muscolo affaticato gli organi muscolo tendinei del Golgi ed i fusi neuromuscolari possono diventare inefficaci nell'impedire un suo eccessivo allungamento (stiramento/strappo degli ischiocrurali) in seguito alla contrazione del quadricipite. Tale alterazione associata alla perdita di forza sottopone le fibre muscolari a contrazioni eccessive, predisponendolo ad infortuni soprattutto nel punto in cui le fibre muscolari si fondono con quelle tendinee (giunzione muscolo-tendineo).

In sintesi, due importanti fattori comuni a tutte le lesioni di questi muscoli sono la mancanza di un'estensibilità adeguata e lo squilibrio nella forza delle varie componenti del gruppo degli ischiocrurali (flessori-estensori, destra-sinistra). Si può avere uno squilibrio nella forza dei muscoli ischiocrurali dei due lati del paziente e vi può anche essere una riduzione del rapporto tra i flessori e il gruppo degli estensori. Un rapporto di forza tra H:Q inferiore a 0,6 o uno squilibrio di forza superiore al 10% tra gli ischiocrurali di destra e di sinistra può essere un fattore causale nelle lesioni degli ischiocrurali. Tuttavia, questi valori possono variare a seconda dell'atleta e dello sport [3]. Parlando di architettura muscolare si può dire che essa penalizza più il capo lungo bicipite femorale che gli ischiocrurali mediali (semitendinoso e semimembranoso), poiché questo muscolo, che subisce un allungamento relativo maggiore rispetto ai suoi colleghi nella corsa ad alta velocità, possiede fascicoli più corti e una sezione muscolare relativamente grande. È ricco di fibre a contrazione rapida (FT), ancor più di quanto non lo sia il quadricipite femorale. Un'alta percentuale di FT costituisce un alto fattore di rischio per l'integrità muscolare, soprattutto durante forti e violente contrazioni eccentriche [5]. Questa peculiarità dovrebbe renderlo più abile nel produrre picchi di forza elevati, ma meno convincente nella gestione degli stessi in un range molto elevato [2].

La probabilità di lesione viene influenzata anche da fattori estrinseci con cui un atleta può trovarsi a fare i conti, come le condizioni climatiche, le condizioni del terreno, la scelta della calzatura, un adeguato riscaldamento, lo stato di salute generale in quel momento. Ad esempio, secondo gli studi gli infortuni sono più comuni durante le competizioni che non nell'allenamento; gli atleti che devono correre a causa delle loro posizioni sono a maggior rischio di infortunio. Nel calcio, inoltre, gli infortuni all'arto inferiore dominante tendono ad essere più gravi, in quanto correlati con il movimento dei calci. Anche lesioni degli ischiocrurali precedenti rientra nei fattori di rischio più

comunemente correlati con nuove lesioni. La recidiva di lesioni dopo il ritorno allo sport rimane la principale complicazione di questa patologia. Van Beijsterveldt et al. [17] hanno condotto una revisione sistematica di 11 studi prospettici che hanno coinvolto 1775 calciatori maschi con 334 precedenti di lesioni agli ischiocrurali. Questi autori hanno osservato che la precedente lesione era significativamente correlata con il rischio di una nuova lesione. I tassi di recidiva di infortunio agli ischiocrurali sono riportati tra il 14% e il 63% entro due anni dalla lesione iniziale [6,7,8,9].

Da non sottovalutare anche il ruolo che la postura può assumere nell'aumentare il rischio di incorrere in tali infortuni. Un accorciamento del muscolo ileopsoas e/o uno squilibrio della muscolatura addominale e lombare può favorire l'antiversione del bacino, accentuando la lordosi lombare e ponendo gli ischiocrurali in uno svantaggio meccanico aumentandone la tensione muscolare. È importante quindi dedicare la giusta attenzione alla cura della postura del paziente cercando di correggere i vari squilibri muscolari causa di uno scorretto setting posturale.

Nel momento in cui uno o più di questi fattori porta l'atleta in una condizione di sforzo estremo per il muscolo si può andare incontro a lesione delle fibre muscolari. Come abbiamo già visto le lesioni da traumi indiretti si possono suddividere in base a criteri di ordine anamnestico, sintomatologico e anatomo-patologico. La forma più lieve e che comporta il minor deficit funzionale è rappresentata dalla contrattura: un fascio di fibre muscolari in seguito ad un segnale di allarme dato dal nostro organismo, come può essere un eccessivo allungamento delle stesse o una mancanza di apporto energetico alla struttura (affaticamento), rimane in uno stato di permanente contrazione limitando tramite sintomatologia dolorosa l'escursione di movimento e quindi il rischio di incorrere in una lesione delle fibre. In pratica è un meccanismo di difesa del nostro muscolo per impedirci di sovraccaricarlo e superare limiti fisiologici che non può tollerare. Non vi è in questo caso una lesione a livello morfologico nelle fibre, ed è infatti la condizione che si risolve più velocemente e facilmente.

Soffermiamoci ora invece su tutte le lesioni muscolari che comportano un danno a livello tissutale delle fibre muscolari, quali lo stiramento e lo strappo. In questi casi la forza a cui vengono sottoposte le fibre muscolari supera la capacità elastica e resistiva delle stesse, causandone la rottura, totale o parziale. Il danno strutturale della fibra muscolare può essere causato, sia da una singola contrazione muscolare, come

dall'effetto cumulativo di una serie di contrazioni ^[10]. In ogni caso, il meccanismo maggiormente correlato al possibile danneggiamento della fibra muscolare, risulterebbe essere la contrazione di tipo eccentrico ^[10,11]. La ragione della maggior incidenza traumatica a livello muscolare, riscontrabile durante una situazione di contrazione eccentrica, è soprattutto imputabile alla maggior produzione di forza registrabile nel corso di quest'ultima, rispetto a quanto non avvenga nella modalità di attivazione di tipo concentrico od isometrico ^[11]. Infatti, durante una contrazione eccentrica, effettuata alla velocità di $90^\circ \cdot s^{-1}$, la forza espressa dal distretto muscolare risulta essere di ben tre volte maggiore rispetto a quella espressa, alla stessa velocità, durante una contrazione concentrica (Middleton e coll., 1994). Inoltre, durante una contrazione eccentrica, risulterebbe maggiore anche la forza prodotta dagli elementi passivi del tessuto connettivo del muscolo sottoposto ad allungamento. Soprattutto in riferimento a quest'ultimo dato, occorre sottolineare come anche il fenomeno puramente meccanico dell'elongazione, possa giocare un ruolo importante nell'insorgenza dell'evento traumatico, considerato che quest'ultimo può verificarsi, sia in un muscolo che si presenti attivo durante la fase di stiramento, come in un distretto muscolare che sia passivo durante la fase di elongazione ^[12]. Durante la contrazione eccentrica il muscolo è in effetti sottoposto ad un fenomeno di "*overstretching*" che, in quanto tale, può determinare l'insorgenza di lesioni a livello dell'inserzione tendinea, della giunzione muscolo-tendinea, oppure a livello di una zona muscolare resa maggiormente fragile da un deficit di vascolarizzazione (Middleton e coll., 1994). È interessante notare come siano i muscoli poliarticolari quelli maggiormente esposti ad insulti traumatici, proprio per il fatto di dover controllare, attraverso la contrazione eccentrica, il range articolare di due o più articolazioni. Anche la diversa tipologia delle fibre muscolari presenta una differente incidenza in termini di evento traumatico. Le fibre a contrazione rapida (FT), sono infatti maggiormente esposte a danni strutturali rispetto a quelle a contrazione lenta (ST), probabilmente a causa della loro maggior capacità contrattile, che si traduce in un'accresciuta produzione di forza, e di velocità di contrazione, rispetto alle fibre di tipo ST ^[5]. Inoltre, i muscoli che presentano un'alta percentuale di FT, sono generalmente più superficiali e normalmente interessano due o più articolazioni, fattori entrambi predisponenti al danno strutturale ^[11]. Inoltre, è interessante notare come l'insulto traumatico sia prevalentemente localizzato a livello della giunzione muscolo-tendinea, a testimonianza del fatto che in questa zona, come del resto nella porzione finale della fibra muscolare, si verifichi il maggior stress

meccanico ^[11,12]. In ultimo, occorre sottolineare il particolare aspetto metabolico connesso alla contrazione di tipo eccentrico. Durante la contrazione di tipo eccentrico, dal momento che la vascolarizzazione muscolare viene transitoriamente interrotta in concomitanza al meccanismo di contrazione, il lavoro svolto diviene di tipo anaerobico; questo determina, sia un aumento della temperatura locale, che dell'acidosi, oltre ad una marcata anossia cellulare. Questi eventi metabolici si traducono in un'aumentata fragilità muscolare ed in una possibile necrosi cellulare, sia a livello muscolare, che del connettivo di sostegno (Middleton e coll., 1994).

L'elemento distintivo che differenzia una lesione muscolare da una lesione a livello osseo è rappresentato dal fatto che il muscolo scheletrico si risana attraverso un fenomeno di *riparazione* mentre il danno osseo viene ripristinato grazie ad un processo di *rigenerazione*. La maggior parte dei tessuti biologici corporei, nel momento cui viene danneggiata, risana attraverso un processo che comunque esita nella formazione di un'area cicatriziale, che rappresenta un tessuto diverso rispetto a quella preesistente. Al contrario quando un segmento osseo viene lesionato, il tessuto rigenerato risulta identico rispetto al tessuto preesistente. Il processo di riparazione di un muscolo lesionato segue ineluttabilmente un pattern costante, indipendentemente dalla causa che ha causato la lesione stessa, contusione, stiramento o strappo che sia ^[13]. In questo tipo di processo sono identificabili sostanzialmente tre fasi:

1) La fase di distruzione, che è caratterizzata dalla rottura e dalla conseguente necrosi delle fibre muscolari, dalla formazione di un ematoma tra i monconi delle fibre lesionate e dalla reazione infiammatoria cellulare.

2) La fase di riparazione, che consiste nella fagocitosi del tessuto necrotizzato, nella rigenerazione delle fibre e nella concomitante produzione di tessuto cicatriziale connettivo contestuale alla crescita capillare nella zona lesionale.

3) La fase di rimodellamento, periodo durante il quale avvengono la maturazione delle fibre rigenerate, la contrazione, ossia la riduzione, e la riorganizzazione del tessuto cicatriziale e, in ultimo, il recupero delle capacità funzionali del muscolo. Le ultime due fasi, di riparazione e di rimodellamento, sono solitamente associate o sovrapponibili ^[13].

Nel momento in cui un muscolo scheletrico viene lesionato, generalmente si può osservare un'eccessiva forza meccanica, che si estende attraverso l'intera sezione

trasversale di ogni singola fibra e che causa la rottura del sarcoplasma all'interno dei monconi delle fibre già lesionate, lasciando quest'ultimo ampiamente aperto. Dal momento che le miofibrille (e conseguentemente le fibre muscolari) sono, da un punto di vista strutturale, delle cellule di notevole lunghezza e dalla forma allungata ed affusolata, sussiste un rischio reale che il processo di necrosi, iniziato nella sede della lesione, si estenda lungo l'intera lunghezza della fibra stessa. Tuttavia, esiste una speciale struttura anatomica, denominata banda di contrazione (*contraction band*), costituita da una zona di materiale citoscheletrico particolarmente denso, che si comporta come una vera e propria "porta tagliafuoco". Nell'arco di alcune ore successive all'evento traumatico, la propagazione del processo necrotico è bloccata da un processo locale rappresentato da una sorta di sigillo effettuato dalla banda di contrazione a livello delle zone alterate della membrana cellulare. In tal modo, si crea una sorta di barriera protettiva all'interno della quale può essere riparata la lacerazione della membrana cellulare ^[14].

Contestualmente alla lesione delle fibre muscolari, nell'evento traumatico, vengono lacerati anche i vasi sanguigni del tessuto muscolare lesio. In tal modo, le cellule infiammatorie trasportate dal flusso sanguigno hanno direttamente accesso al sito di lesione. La reazione infiammatoria è in seguito "amplificata" dal fatto che le cellule satellite e le pari necrotizzate delle fibre muscolari lese, rilasciano diverse sostanze che si comportano da chemio-attrattivi accrescendo, in tal modo, lo stravasamento delle cellule infiammatorie. All'interno del muscolo lesio, si possono osservare macrofagi e fibroblasti che vengono attivati dando origine a dei segnali chemio-tattici addizionali (growth factors, citochine e chemiochine), diretti alle cellule infiammatorie circolanti. In aggiunta a questi fattori di crescita, prodotti ex novo, la maggior parte di tessuto contiene fattori di crescita stoccati in forma attiva all'interno della sua matrice extracellulare (ECMs) pronti per essere utilizzati nei casi di urgente necessità, come appunto ad esempio nella riparazione di una lesione. Nella vera e propria fase acuta susseguente ad un evento lesivo muscolare, i leucociti polimorfonucleati risultano essere le cellule più abbondanti presenti sul sito di lesione ma, entro il primo giorno, sono sostituiti dai monociti. In funzione dei principi di base su cui si regge un processo infiammatorio, questi monociti sono eventualmente trasformati in macrofagi, che vengono attivamente ingaggiati nella proteolisi e nella fagocitosi del materiale necrotico, grazie al rilascio di enzimi lisosomiali ^[14]. La fagocitosi da parte dei macrofagi

costituisce un processo altamente specifico a carico del materiale necrotico. In questa fase, i cilindri intatti della lamina basale circondano la parte necrotizzata delle cellule sopravvissute che sono state lasciate intatte dagli attacchi dei macrofagi e che, conseguentemente, verranno utilizzate come impalcatura all'interno del quale le cellule satellite in grado di sopravvivere, inizieranno la formazione di nuove miofibre [14]. È inoltre importante sottolineare, come il trauma lesionale comporti una contestuale rottura del reticolo sarcoplasmatico ed una conseguente fuoriuscita degli ioni calcio in esso contenuti. Il drastico aumento di ioni calcio all'interno della fibra muscolare stessa determina, nelle 24-48 ore post-lesionali, una contrazione riflessa delle miofibrille all'interno e nei dintorni della zona di lesione. Questo fenomeno comporta una fase di auto-aggravamento della lesione che si protrae in funzione del periodo di contrazione muscolare riflessa dovuta a questa fase definita con il termine di "*calcium overload*" [10]

Una volta che la fase di distruzione è diminuita d'intensità, inizia il reale processo di riparazione del muscolo lesionato, che si articola attraverso due concomitanti processi che si dimostrano tra loro, allo stesso tempo, complementari ed antagonisti: la rigenerazione delle miofibre distrutte e delle loro rispettive innervazioni e la formazione di tessuto di cicatrizzazione. Una progressione bilanciata di questi due processi costituisce il prerequisito essenziale per un ottimale ripristino delle funzioni contrattili del muscolo scheletrico [13,14]. Nonostante il fatto che le fibre muscolari siano in linea generale considerate come fibre di tipo irreversibilmente post-mitotico, il comunque notevole potenziale rigenerativo del muscolo scheletrico è garantito da un meccanismo intrinseco in grado di ripristinare l'apparato contrattile lesionato. Di conseguenza, un pool di riserva di cellule indifferenziate, denominate cellule satellite, è, durante lo sviluppo fetale, dislocato a parte al di sotto della lamina basale di ogni singola fibra muscolare [13,14]. In risposta all'evento lesivo, queste particolari cellule, dapprima proliferano, in seguito si differenziano in mioblasti ed alla fine del processo, si collegano con le restanti fibre formando dei miotubi multinucleati. I miotubi multinucleati di recente formazione si fondono, in un secondo tempo, con la parte della fibra lesa che è sopravvissuta al trauma iniziale. Infine, la parte di miofibrilla rigenerata acquisisce la sua forma matura con una normale striatura e con i mionuclei dislocati perifericamente. Dopo che i cilindri della vecchia lamina basale sono stati riempiti con le miofibre rigenerate, le miofibre si estendono, attraverso l'apertura della lamina basale, verso il tessuto connettivo cicatriziale che si è formato tra i monconi

sopravvissuti delle miofibre stesse ^[13,14]. Su entrambe le parti della cicatrice di tessuto connettivo, le miofibre ed i monconi delle fibre sopravvissute, nel tentativo di passare attraverso la cicatrice che li separa, formano molteplici diramazioni ^[14]. Dopo aver cercato di estendersi, per una corta distanza, le diramazioni cominciano a aderire al tessuto connettivo con le loro punte finali. Con l'andare del tempo l'area cicatriziale progressivamente diminuisce nelle sue dimensioni, conducendo i monconi in ferma aderenza l'un con l'altro. Non è ancora comunque noto se i monconi delle fibre tranciate dalle opposte parti del tessuto cicatriziale, si fonderanno tra loro totalmente alla fine del processo rigenerativo o se, al contrario, rimarrà tra di loro qualche forma di setto di natura connettivale ^[15]. È stato inoltre ampiamente dimostrato come le capacità rigenerative del muscolo scheletrico, in risposta ad un trauma, siano significativamente ridotte nel corso della vita. Questa diminuzione della capacità rigenerativa non è apparentemente attribuibile ad una diminuzione del numero o dell'attività delle cellule satellite ma piuttosto ad una complessiva diminuzione delle capacità rigenerative del muscolo anziano, tanto che, ogni fase dei processi di riparazione, sembra rallentare e deteriorarsi con l'avanzare dell'età ^[16].

1.4 Rinforzo muscolare eccentrico

Tipologie di contrazione muscolare

Prendiamo in analisi solo i muscoli scheletrici, ovvero quei muscoli collegati alle ossa del corpo umano. Il loro movimento di contrazione e rilassamento fa sì che i segmenti ossei in cui si inseriscono modifichino o mantengano la reciproca posizione. Per contrazione muscolare intendiamo quindi il processo fisiologico attraverso cui le fibre muscolari vengono attivate al fine di accorciarsi o di allungarsi per sviluppare una forza interna che ci permetta di interagire con le forze esterne. Possiamo dunque dividere le contrazioni muscolari in due categorie: la contrazione statica e la contrazione dinamica.

Nella contrazione statica, detta contrazione isometrica, la tensione sviluppata dal muscolo è pari alla resistenza esterna applicata, il muscolo quindi non modifica la propria lunghezza e la distanza tra le inserzioni muscolari rimane invariata. In pratica si tratta di una contrazione a lunghezza (muscolare) costante, senza un movimento del segmento corporeo.

Le contrazioni dinamiche si possono dividere in:

- Isocinetica → la contrazione genera un movimento a velocità costante. È impossibile in natura, è realizzabile solo tramite l'utilizzo di appositi macchinari, chiamati appunto macchinari isocinetici.
- Isotonica → la contrazione genera un cambiamento nella lunghezza del muscolo generando una costante tensione. Questa contrazione è composta da 2 fasi ben distinte: fase positiva o concentrica in cui le fibre muscolari si accorciano avvicinando le due estremità muscolari; fase negativa o eccentrica in cui le fibre muscolari si allungano allontanando le estremità.
- Auxotonica → la contrazione aumenta progressivamente con l'aumentare dell'accorciamento muscolare. Ne è un perfetto esempio l'esercizio di rinforzo tramite l'uso di elastici. Viene anche detta contrazione progressiva.
- Pliometrica → una contrazione concentrica esplosiva, immediatamente preceduta da contrazione eccentrica; in tal modo si sfrutta l'energia accumulata nelle strutture elastiche del muscolo nella precedente fase eccentrica. Esempio: salti.

Allenamento eccentrico

Ci concentreremo ora sull'allenamento della sola contrazione dinamica isotonica di tipo eccentrico, in quanto, come affrontato precedentemente, risulta essere la fase della contrazione muscolare in cui si verificano le lesioni alle fibre muscolari.

Prima di tutto è importante sottolineare il particolare aspetto metabolico connesso alla contrazione di tipo eccentrico. Durante la contrazione di tipo eccentrico, poiché la vascolarizzazione muscolare è interrotta, il lavoro svolto è di tipo anaerobico, questo determina, sia un aumento della temperatura locale, che dell'acidosi, oltre ad una marcata anossia cellulare. Questi eventi metabolici si traducono in un'aumentata fragilità muscolare ed in una possibile necrosi cellulare, sia a livello muscolare, che del connettivo di sostegno. Considerando quindi il fatto che il muscolo si presenta particolarmente vulnerabile nel momento in cui sia sottoposto ad una contrazione di tipo eccentrico, soprattutto quando quest'ultima sia di notevole entità, come nel caso di uno sprint, di un salto o di comunque un gesto di tipo esplosivo, nasce l'esigenza di "condizionare" i distretti muscolari maggiormente a rischio con un tipo di lavoro consono a questa particolare esigenza. Sarà opportuno imbastire un piano di allenamento a carattere progressivo, che sia orientato ad un adattamento

neuromuscolare a tappe per evitare complicazioni che possono insorgere in questo tipo di allenamento.

Vediamo ora alcuni esempi di esercizi di rinforzo muscolare eccentrico per il comparto dei muscoli posteriori della coscia.

- Nordic Hamstring exercise: è fra gli esercizi di rinforzo eccentrico più conosciuti ed utilizzati. Richiede di spostare il peso del corpo, senza sovraccarico esterno, tramite delle ripetizioni enfatizzate dall'uso dinamico dei flessori del ginocchio. La partenza deve avvenire in posizione inginocchiata, con le gambe al suolo flesse a 90° rispetto al corpo e bloccate da un fermo o da un partner di allenamento. Fare attenzione a tenere le cosce e il tronco allineati. Durante la fase eccentrica di inclinazione del tronco in avanti, il busto deve rimanere allineato con le cosce. Infatti, in questa fase in cui avviene la contrazione dei flessori del ginocchio, si tende ad inarcare il bacino. Eseguire con la massima cautela e controllo la discesa progressiva, monitorando l'intensità della contrazione muscolare senza esagerare assolutamente nell'ampiezza del movimento. Questo esercizio è consigliato esclusivamente a coloro che svolgono regolarmente esercizio fisico che hanno un buon livello di flessibilità, poiché si tratta di uno sforzo ad alta intensità. E' possibile applicare diverse modifiche per ridurre la difficoltà dell'esercizio: una prima variazione può consistere nell'eseguire il movimento con busto flesso, in modo che si trovi parallelo rispetto al suolo all'inizio della fase eccentrica; questo può facilitarne lo svolgimento, dal momento che con il tronco flesso si riduce il braccio di leva nelle parti finali della fase eccentrica e impone un notevole pre-stiramento agli ischiocrurali, che quindi riusciranno a esercitare una maggiore forza complessiva. Un modo più semplice per facilitarne l'esecuzione è quello di utilizzare una corda o un elastico per accompagnare il tronco nella fase di discesa.

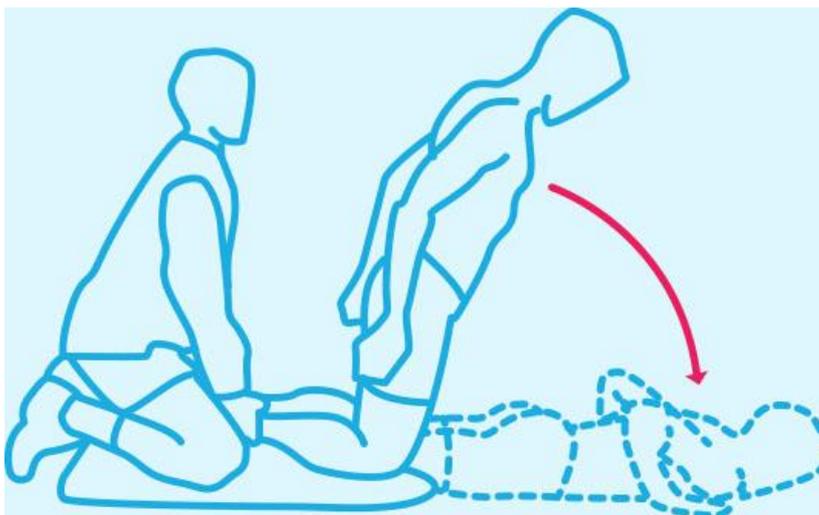


Figura 1 – Esercizio di Nordic Hamstring

- YoYo™ flywheel curl exercise: si tratta di un volano messo in rotazione da una cinghia collegata all'arto inferiore. Durante la fase concentrica dell'esercizio, il muscolo viene contratto con la massima forza possibile tirando una cinghia arrotolata sull'asse del volano, mettendolo in rotazione ad alta velocità. La cinghia ha una lunghezza tale da essere completamente svolta alla fine del movimento. Per via della propria inerzia, il volano continua a ruotare riavvolgendo la cinghia nel senso opposto, tirando a sé l'arto ed iniziando la successiva fase eccentrica. Dopo una blanda resistenza iniziale, il soggetto inizia a frenare tirando la cinghia fino a completo arresto del volano. Da considerare che nei dispositivi *flywheel* la resistenza è variabile ed è in ogni istante proporzionale alla forza sviluppata: maggiore è la forza, maggiore sarà l'accelerazione con la quale il volano reagisce (esercizio isoinerziale). Ciò ci permette di modulare l'esercizio in base alle nostre esigenze. Non essendoci fenomeni di attrito, l'energia è uguale per le fasi concentrica ed eccentrica. In questo caso è però possibile ritardare la fase di frenata, lasciando inizialmente riavvolgere la cinghia senza opporre sforzo. Ne risulta un tempo minore per dissipare l'energia cinetica del volano e una conseguente potenza (= energia / tempo) eccentrica maggiore. Più lungo è il ritardo nella frenata, maggiore sarà il sovraccarico eccentrico prodotto. Volendo concentrarsi solo sulla fase eccentrica sarà possibile eseguire la prima fase concentrica con l'aiuto di un operatore esterno o con l'ausilio dell'altro arto.

- Altri esercizi: qualsiasi esercizio di ponte dinamico, monopodalico o bipodalico, andrà a effettuare una richiesta di contrazione eccentrica ai muscoli ischiocrurali, con un'enfasi maggiore sulla porzione prossimale. È possibile poi modificare tale esercizio a seconda delle nostre esigenze, in base alle capacità del paziente e del suo quadro clinico. Per raggiungere un'intensità maggiore sarà possibile ad esempio richiedere uno scivolamento degli AAll su una *fitball*, aggiungendo così una componente destabilizzante. È fondamentale che queste tipologie di esercizi vengano eseguite con ripetizioni lente, così da aumentare lo sforzo richiesto e controllarne il gesto. Esistono moltissimi altri esercizi che lavorano sul rinforzo eccentrico per gli ischiocrurali. Il fisioterapista può esercitare lui stesso una resistenza al movimento eccentrico così da averne anche il completo controllo. Resistenza che può essere esercitata anche da elastici, come nel caso del macchinario *Eccentric Vector*, che sfrutta la conservazione dell'energia elastica per riprodurre il movimento di frenata dell'estensione di ginocchio eseguito normalmente dagli ischiocrurali durante il gesto del calcio. In definitiva, i possibili esercizi che lavorino in modo selettivo sulla fase di rinforzo muscolare eccentrico sono pressoché illimitati, è compito del fisioterapista individuare la corretta proposta e modularla a seconda del caso che deve affrontare.

Capitolo 2

MATERIALI E METODI

2.1 Scopo della ricerca

Questa tesi intende condurre una revisione basata sulle evidenze al fine di valutare secondo i più recenti studi scientifici l'efficacia del rinforzo muscolare in contrazione eccentrica dei muscoli ischio-crurali come trattamento fisioterapico preventivo alla lesione di quest'ultimi. Per questa tesi sono state dunque selezionate le revisioni che ponevano come *outcome* l'incidenza di infortuni ai muscoli posteriori della coscia in seguito ad un programma di rinforzo muscolare eccentrico.

2.2 Metodo della ricerca

La ricerca di questa tesi è stata condotta presso le principali banche dati in ambito medico e fisioterapico quali Pubmed e PEDro.

Il periodo in cui si è eseguita la ricerca inizia il 15 settembre 2018 e si conclude il 28 gennaio 2019.

È stato formulato un quesito clinico con il metodo P.I.C.O. al fine di indirizzare appropriatamente la ricerca. Si è voluto però omettere l'elemento di confronto C poiché non era nelle intenzioni effettuare un paragone fra diversi trattamenti ma valutare l'efficacia in generale di uno specifico di essi.

Le parole chiave utilizzate per la ricerca sono:

- P – popolazione: *“sports”, “athletes”, “sports player”*.
- I – intervento: *“eccentric training”, “eccentric exercise”, “eccentric strenght”, “eccentric contraction”, “nordic hamstring”*.
- C – confronto: *omesso*
- O – outcome: *“prevention”, “hamstring injury”, “hamstring lesion”, “injury rates”, “hamstring strain”*.

Criteria di inclusione

Gli studi presi in esame in questa tesi sono stati selezionati secondo i seguenti criteri:

- Tipologia di studi: sono stati presi in esame solo studi secondari di revisioni sistematiche della letteratura (RS) pubblicati negli ultimi 10 anni, esclusivamente in lingua inglese.
- Qualità degli studi: sono stati selezionati solo gli studi con un punteggio pari o superiore a 7/11 sulla scala AMSTAR.
- Pertinenza e disponibilità: sono stati ammessi studi con abstract inerente al tema trattato e con testo completamente accessibile tramite il sistema bibliotecario di ateneo dell'Università di Bologna.
- Tipologia di partecipanti: sono stati inclusi studi con popolazioni comprendenti atleti di qualsiasi sport, di entrambi i sessi e di qualsiasi età.
- Tipologia di intervento: sono stati selezionati studi che analizzassero programmi di trattamento preventivo comprendenti esercizi di rinforzo in eccentrica per il gruppo muscolare degli ischiocrurali.
- Misure di *outcome*: sono stati presi in esame studi che ponessero il proprio focus sull'incidenza di infortuni agli ischiocrurali in seguito ad un determinato programma fisioterapico preventivo comprendente del rinforzo muscolare eccentrico.

Criteri di esclusione

Sono stati esclusi dalla revisione tutti gli studi dove il focus della ricerca fosse ambiguo e dove l'allenamento eccentrico era solo un piccolo aspetto del protocollo, inserito all'interno di un programma più ampio in cui risultava avere un ruolo marginale. Altri articoli sono stati esclusi in seguito alla lettura del full-text o dove la sua lettura non era disponibile gratuitamente. Non sono stati invece inseriti criteri di esclusione riguardanti lo stato di salute dei partecipanti, includendo sia popolazioni di soggetti sani sia con pregressi o attuali infortuni ai muscoli ischiocrurali.

2.3 Strumenti per la valutazione della qualità metodologica delle revisioni

La valutazione della qualità metodologica delle revisioni sistematiche prese in esame è stata condotta con l'ausilio della scala validata AMSTAR. AMSTAR (Assessment of multiple systematic reviews) risulta essere lo strumento maggiormente utilizzato in letteratura per cercare di quantificare il rigore metodologico delle revisioni sistematiche. Prevede undici quesiti, con la possibilità di rispondere "Sì", "No", "Non si può rispondere", "Non applicabile". A ogni item è attribuito uno score di 1 se esso

incontra il criterio specifico, mentre si attribuirà uno score nullo, equivalente a 0, se il criterio non è incorporato, non è chiaro o non applicabile.

AMSTAR Checklist		
1. Lo studio include una descrizione “a priori” del quesito di ricerca e dei criteri di inclusione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
2. La selezione e l'estrazione degli studi è stata effettuata in doppio?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
3. È stata effettuata una ricerca bibliografica esaustiva?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
4. Lo stato di pubblicazione non è stato utilizzato come criterio di inclusione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
5. È riportata una lista completa degli studi inclusi e degli studi esclusi?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
6. Le caratteristiche degli studi inclusi sono state descritte?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
7. La qualità metodologica degli studi inclusi è stata valutata e descritta? a metodologica degli studi?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
8. La qualità metodologica degli studi inclusi è stata considerata e utilizzata per formulare le conclusioni?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
9. Il metodo utilizzato per effettuare la sintesi statistica è appropriato?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
10. È stata valutata la possibilità del bias di pubblicazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
11. È stato dichiarato il conflitto di interessi?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
Totale punteggio	/11	

Figura 2 – AMSTAR Checklist (Shea BJG, Wells JM, G. A. Boers GA et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol.* 2007; 7:10)

Capitolo 3

RISULTATI

3.1 Selezione ed analisi degli studi

La ricerca iniziale, svolta secondo le modalità descritte nel capitolo materiale e metodi, ha permesso di selezionare 21 studi in base alla lettura esclusiva del titolo. Di questi, 4 sono stati esclusi in quanto doppi, e altri 8 sono stati esclusi in seguito alla lettura dell'abstract poiché non prendevano in considerazione l'intervento di allenamento eccentrico. Dei nove restanti studi 6 sono stati scartati dopo la lettura del full-text poiché non rispettavano tutti i parametri di inclusione. Sono state dunque selezionate alla fine 3 revisioni sistematiche, di cui segue analisi e descrizione nel successivo paragrafo.

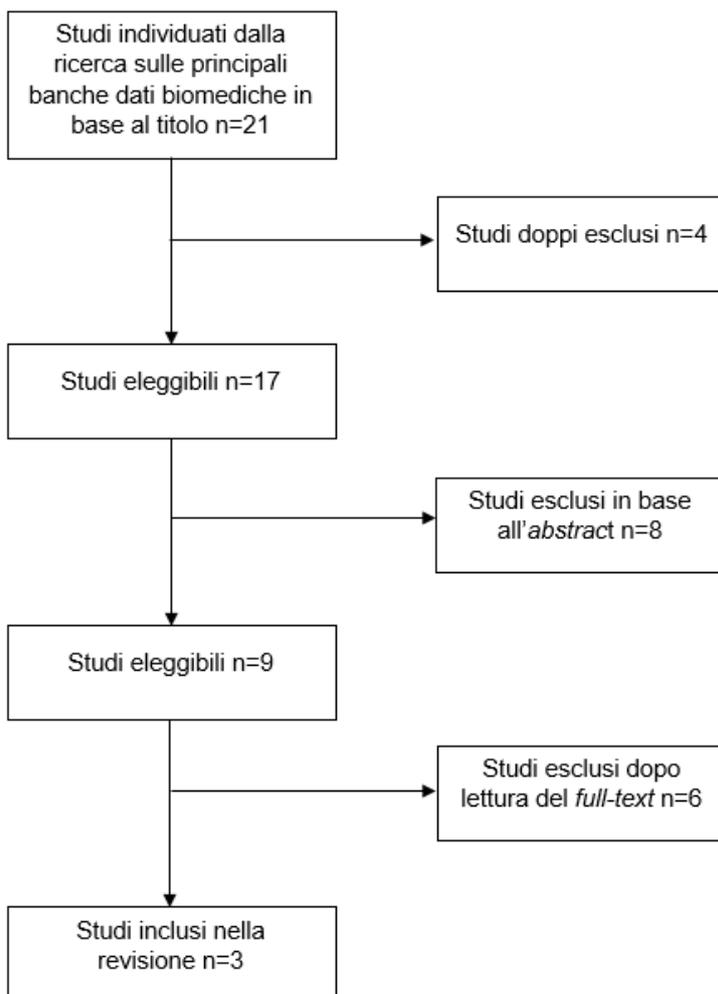


Figura 3 - Flow chart di selezione degli studi

3.2 Descrizione degli studi inclusi

Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Sports Med. 2017 May;47(5):907-916.

Lo scopo di questa revisione sistematica e della meta-analisi era di investigare l'efficacia dei programmi di prevenzione delle lesioni che includevano l'esercizio di NH (Nordic Hamstring) sulla riduzione dei tassi di infortuni agli ischiocrurali nei calciatori.

La ricerca degli studi idonei a tale revisione è stata eseguita da due sperimentatori in maniera indipendente da ottobre 2015 a dicembre 2015. La ricerca sistematica della letteratura, che ha preso in esame studi in un periodo compreso da gennaio 1985 a dicembre 2015, è stata eseguita nelle seguenti banche dati: Cochrane Central Register of Controlled Trials; AMED; PubMed, SPORTDiscus, MEDLINE, CINAHL, EMBASE, Aus Sport Med and Web of Science. Sono stati inclusi nella revisione studi randomizzati controllati o studi prospettici di coorte riguardanti programmi preventivi agli infortuni al gruppo degli ischiocrurali che comprendessero esercizi di Nordic Hamstring, confrontati con altri programmi o nessun programma. Sono stati selezionati solo studi in lingua inglese e condotti su calciatori. Non sono stati applicati criteri di esclusione in base al sesso, età o abilità. L'*outcome* ricercato misurava i tassi di infortuni al gruppo muscolare degli ischiocrurali. A sua volta sono stati invece esclusi gli studi che: non segnalavano le ore di esposizione al trattamento, comprendevano un equipaggiamento protettivo come parte dell'intervento, riportavano solo le prestazioni o misure fisiche senza riferimenti al tasso di infortuni. La prima ricerca effettuata nei vari database ha prodotto 3242 articoli. Dopo la rimozione dei duplicati i restanti articoli sono stati sottoposti a selezioni in base al titolo e alla lettura dell'abstract. Dei rimanenti 43 articoli 38 sono stati esclusi poiché non soddisfacevano tutti i requisiti di inclusione. Pertanto, sono stati inclusi nella seguente revisione 5 singoli studi.

Di questi 5, quattro studi erano RCT e uno era uno studio di coorte. Due studi sono stati condotti in Norvegia, uno in Olanda e due negli Stati Uniti. Quattro studi hanno incluso partecipanti maschi e uno studio ha riguardato partecipanti donne. Due studi

hanno incluso calciatori della categoria giovanile, di età compresa tra i 18 e i 25 anni; uno studio ha incluso giocatori di calcio, di età compresa tra 13 e 17 anni; uno studio ha incluso squadre di calcio impegnate nelle prime tre categorie professionistiche di calcio in Norvegia, di atleti di età compresa tra 17 e 35 anni; e uno studio comprendeva calciatori dilettanti, di età compresa tra i 18 ei 40 anni.

Tre studi hanno utilizzato il “11+” [18,19,20] (*Fifa Eleven Plus*, un programma di allenamento per la prevenzione degli infortuni di calciatori) comprendente tre serie di esercizi di Nordic Hamstring: principiante (3-5 ripetizioni); intermedio (7-10 ripetizioni); avanzato (12-15 ripetizioni). Uno studio ha utilizzato solo l'esercizio NH [21] comprendente 2-3 set di esercizi, con ripetizioni per serie gradualmente aumentate nel corso della stagione da un minimo di 5-6 ripetizioni all'inizio della stagione a 8-10 ripetizioni verso la fine della stagione. L'ultimo studio ha utilizzato programmi di esercizi mirati tra cui l'esercizio di NH nei gruppi di intervento [22], comprendente 1-3 serie di esercizi, con ripetizioni gradualmente aumentate nell'arco di 10 settimane; da un minimo di 5 ripetizioni all'inizio a 8-12 ripetizioni verso la fine del periodo di intervento. La durata dei programmi nei cinque studi variava da 10 settimane fino a 8 mesi. Quattro studi hanno incluso dei programmi di riscaldamento e uno ha utilizzato un tradizionale programma di riscaldamento dinamico nei gruppi di controllo.

W. S. A. Al Attar et al.

Table 3 Injury rates per 1000 h of exposure in the intervention and control groups of the included studies

Study	Intervention subjects	Hamstring injuries	Exposure hours	Hamstring injuries per 1000 h	Control subjects	Hamstring injuries	Exposure hours	Hamstring injuries per 1000 h
Soligard et al.	1055	5	49,899	0.1	837	8	45,428	0.176
Engebretsen et al.	193	23	41,856	0.55	195	17	40,913	0.416
Grooms et al.	41	1	2703	0.37	30	5	1605	3.115
van der Horst et al.	292	11	26,426	0.416	287	25	27,724	0.902
Silvers-Granelli et al.	675	16	35,226	0.454	850	55	44,212	1.244
Pooled data	2256	56	156,110	0.359	2199	110	159,882	0.689

Figura 4 – Risultati degli studi della revisione di Al Attar et al.

I risultati ottenuti da questi 5 studi [Fig.4] hanno mostrato una riduzione complessiva del 51% delle lesioni per 1000 ore di esposizione nel gruppo di intervento rispetto al gruppo di controllo (IRR 0.490 (IC 95% 0.291-0.827), $p = 0.008$). Gli autori di questa revisione affermano come il loro lavoro fornisca prove evidenti che l'esercizio di Nordic Hamstring, da solo o in combinazione con programmi di

prevenzione delle lesioni, è efficace nel ridurre il rischio di infortuni agli ischiocrurali per i calciatori. Gli stessi autori offrono un paragone con un'altra meta-analisi, condotta da Goode et al. comprendente quattro studi, che al contrario non riportava nessun significativo effetto delle diverse tecniche di allenamento di rinforzo eccentrico dei muscoli posteriori della coscia. Secondo gli stessi autori, tale discrepanza è riconducibile alle differenze metodologiche fra le due revisioni: la meta-analisi di Goode et al. non si limitava al solo sport del calcio, prendeva in considerazione altre tipologie di esercizi eccentrici oltre al NH, e, soprattutto, prendeva in esame come *outcome* il numero di infortuni invece del tasso di infortuni, senza tenere in considerazione il tempo di esposizione (tempo di gioco) e il carico di lavoro. Infatti, secondo recenti studi epidemiologici, più tempo gli atleti trascorrono in condizioni di gara e allenamento, più sono predisposti a fattori di rischio di lesioni come stanchezza, collisioni, cadute e sovraccarico di lavoro [23,24,25]. Lo studio di van der Horst et al. [21] su tutti ha rivelato che quando i tassi di compliance sono elevati (91%), l'esercizio di NH è utile nel ridurre il tasso di infortuni agli ischiocrurali. I seguenti studi hanno evidenziato quindi come un'elevata compliance sia indice di una significativa riduzione del tasso di infortuni a questo gruppo muscolare. Tuttavia, la compliance sembra essere maggiore quando l'esercizio di NH è incluso in uno specifico programma di prevenzione degli infortuni come 11+. Non è stato possibile invece eseguire un'analisi soddisfacente dell'incidenza dell'esercizio di NH per quanto riguarda le calciatrici donne, poiché un solo studio che soddisfaceva tutti i requisiti di inclusione ha compreso nella propria popolazione anche atleti di sesso femminile. È importante considerare comunque che tutti gli studi inclusi hanno utilizzato l'esercizio di NH come fase di riscaldamento all'inizio della sessione di allenamento. Infatti, studi condotti da Small et al e Marshall et al. [26,27], hanno indicato come esercizi di rinforzo eccentrico agli ischiocrurali eseguiti in una fase di defaticamento mantengano un migliore rapporto di forza funzionale rispetto a quelli eseguiti in una fase di riscaldamento, oltre a condizionare maggiormente il muscolo a preservare buoni livelli di forza in uno stato di affaticamento, che rappresenta il momento di maggior rischio per i muscoli.

Gli autori stessi forniscono un'analisi dei limiti della loro revisione. Per prima cosa solamente cinque studi hanno rispettato i criteri di inclusione, non fornendo un campione soddisfacente. Inoltre, ci sono stati possibili effetti sull'incidenza di infortuni da parte dei programmi di prevenzione complementari eseguiti contemporaneamente

agli esercizi di NH. Sarebbe opportuno dunque eseguire studi che vadano a valutare la sola efficacia dell'esercizio di NH isolato da altri programmi preventivi.

In conclusione, gli autori affermano che tale revisione fornisca la prova che gli esercizi di Nordic Hamstring, da solo o in combinazione con un programma di prevenzione, possa ridurre significativamente l'incidenza di lesioni agli ischiocrurali nei calciatori di sesso maschile. I risultati suggeriscono che le squadre che utilizzano l'esercizio di NH, da soli o in combinazione con programmi di prevenzione degli infortuni, potrebbero ridurre i tassi di infortuni agli ischiocrurali fino al 51% sul lungo periodo rispetto alle squadre che non lo fanno. Ulteriori approfondimenti andrebbero condotti per determinare la loro efficacia per atlete donne, per altri sport, e in altri momenti dell'allenamento, come la fase di defaticamento.

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

Adam Goode, Michael Reiman, Lloyd Harris, Lucia DeLisa, Aaron Kauffman, David Beltramo, Charles Poole, Leila Ledbetter, Andrea Taylor.

Questa revisione sistematica mira a determinare l'effetto del rinforzo eccentrico dei muscoli posteriori della coscia sul rischio di lesione al gruppo muscolare degli ischiocrurali, ed esplorare quantitativamente l'impatto della compliance dell'intervento sulla precisione, eterogeneità e forza e direzione delle stime di studio raggruppate.

Una ricerca bibliografica sui database elettronici quali Medline, CINAHL, Cochrane, EMBASE, AMED, SportDiscus e PEDro, è stata condotta con parole chiave correlate al rinforzo eccentrico e agli infortuni ai muscoli ischiocrurali. La ricerca è stata condotta dal 1° dicembre 2008 al 31 dicembre 2013. Gli articoli dovevano rispettare i seguenti criteri di inclusione: (1) l'articolo era un RCT, (2) includeva atleti di entrambi i sessi che non partecipavano ad un programma di riabilitazione dei muscoli posteriori della coscia, (3) atleti con e senza una storia di infortuni agli ischiocrurali, (4) metteva a confronto un intervento di rinforzo eccentrico con interventi alternativi per la prevenzione delle lesioni agli hamstring, (5) la compliance dell'intervento è stata segnalata o può essere calcolata. All'opposto sono stati esclusi tutti gli articoli che presentassero una delle seguenti caratteristiche: (1) includevano atleti con esiti di lesioni muscoloscheletriche agli arti inferiori o in fase di trattamento, (2) studi focalizzati su bambini di età inferiore a 10 anni o (3) l'articolo non era in lingua inglese. Tutti i criteri sono stati applicati al testo completo degli articoli che hanno superato il primo screening di idoneità di titoli e abstract. La qualità metodologica degli studi inclusi è stata valutata tramite l'utilizzo della PEDro Scale. Tutto questo lavoro è stato svolto da due revisori in maniera indipendente. Da una prima ricerca sui database di riferimento sono stati trovati 349 articoli, ridotti poi a 8 dopo la prima fase di screening. Di questi solo 4 sono risultati appropriati rispetto ai criteri di inclusione. Un'ultima fase di screening eseguita sui full text ha rivelato come però 3 di questi non risultassero del tutto idonei per via dell'incapacità di determinare la compliance dello studio e/o i risultati dell'intervento. Tre degli studi ^[28,30,31] hanno preso in considerazione vari livelli di giocatori di calcio, e il quarto studio ^[29] ha esaminato il football australiano. Uno studio ^[28] ha utilizzato un "Yo-Yo" flywheel, mentre gli altri tre studi ^[29,30,31] hanno implementato l'esercizio di Nordic Hamstring come metodo per il rinforzo muscolare

eccentrico. La compliance dichiarata era scarsa negli studi di Gabbe [29] ed Engebretsen [30], con, rispettivamente, il 50% degli atleti arruolati che non partecipavano e il 63% che riportava di non avere compliance a nessun esercizio. Gli studi di Askling e Petersen [28,31] hanno invece riportato una buona compliance, con oltre il 90% degli atleti che hanno completato l'intervento. Sempre gli stessi studi hanno individuato le stesse stime di riduzione del 70% delle lesioni ai muscoli ischiocrurali tramite l'allenamento eccentrico, con una maggiore precisione da parte dello studio di Petersen dovuto alla maggiore dimensione del campione. Gli altri due studi hanno invece riportato un aumento del rischio di lesioni a seguito di un allenamento eccentrico, dati che sono stati ritenuti statisticamente non significativi e sostanzialmente imprecisi.

Gli autori della revisione hanno poi eseguito un'analisi dei risultati. In una prima analisi sono stati riportati semplicemente i casi di lesione nei singoli studi, da cui si è ricavato un RR di 0,59. In una seconda analisi qualitativa si è voluto invece estrapolare dai singoli studi solo i dati riguardanti campioni complianti l'intervento. La figura 5 riporta i risultati dell'analisi di sensibilità degli studi selezionati, mostrando come risultato un RR di 0,35, che indica un minore rischio di infortuni nei gruppi di intervento (allenamento eccentrico) rispetto ai gruppi di controllo.

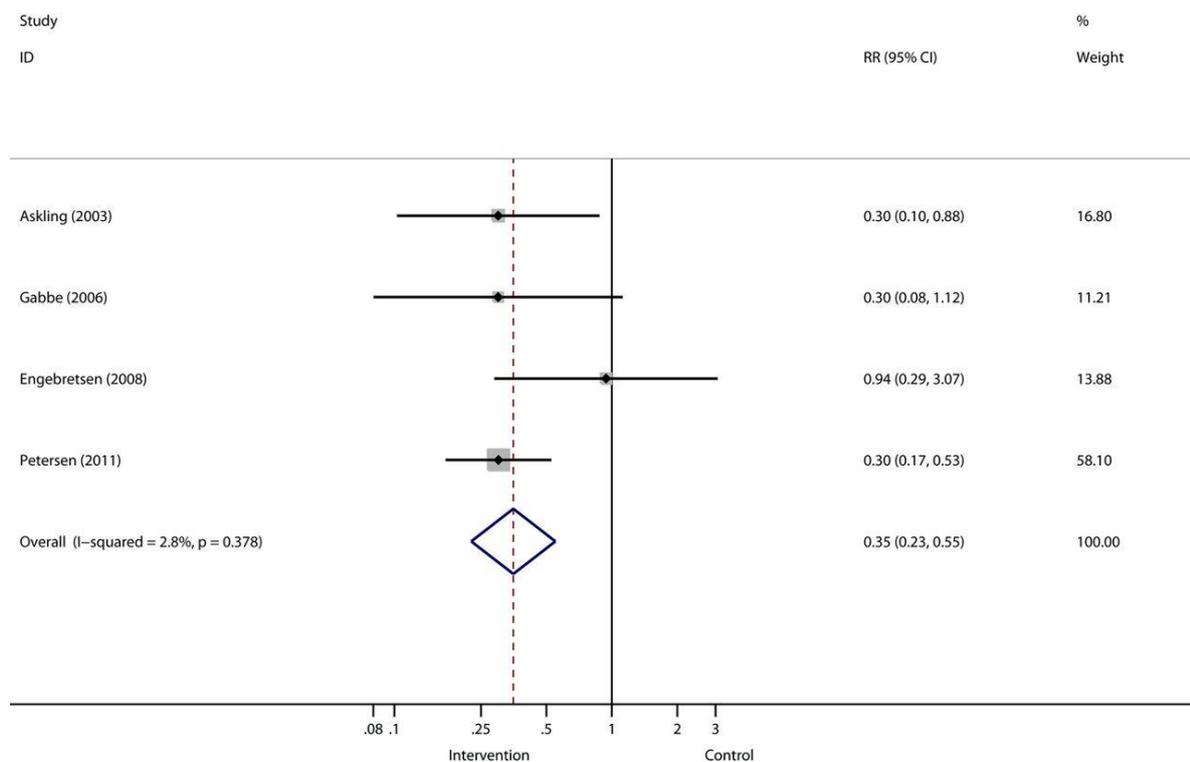


Figura 5 – Forest plot della revisione di Goode et al.

Nel capitolo della discussione gli autori affrontano le differenze dei risultati ottenuti tramite l'analisi dei soli effetti principali e l'analisi qualitativa tenendo conto della compliance dei gruppi di intervento. Se per tre studi le differenze non sono state grandi, per lo studio di Engebretsen ^[13] i risultati nel gruppo con elevata compliance hanno visto uno spostamento decisivo del RR verso il gruppo di intervento. Gli autori sostengono dunque, che nonostante la significativa riduzione del campione preso in esame, la loro analisi qualitativa, tenendo conto della compliance, ha mostrato un sostanziale miglioramento della precisione rispetto all'analisi primaria eseguita senza riportare i risultati al livello di compliance. Una ragione di ciò è la maggiore affidabilità e omogeneità rispetto ai gruppi con bassa compliance. Nei quattro differenti studi sono stati riscontrati livelli di compliance diversi fra loro. Il livello di bassa compliance non è attribuibile al solo allenamento eccentrico per i muscoli posteriori della coscia; altre "barriere" riscontrate da parte degli atleti includono dolore durante l'esercizio, ansia/confusione riguardo l'esercizio, scarso supporto sociale. Particolare attenzione è stata dedicata ai DOMS, un effetto collaterale riportato in tutti e quattro gli studi, che trasmettevano all'atleta la sensazione di incorrere in un aumento del rischio di infortuni, cosa che ha probabilmente influenzato la compliance degli esercizi. Un altro fattore che ha influito sulla compliance è dato dalla posologia di trattamento e dal numero di esercizi. Secondo gli autori, meno tempo dedicato e un minor numero di esercizi possono facilitare la partecipazione e l'adesione degli atleti. Allo stesso modo la supervisione e il supporto da parte dello staff influiscono sulla compliance del trattamento. Gli studi presi in esame mostrano come il monitoraggio da parte dello staff, se eseguito in uno studio di alta qualità, abbiano influenza positiva sulla compliance. L'incoraggiamento da parte dello staff risulta essere ottimale in una fase di precampionato, poiché rappresenta il miglior momento per attuare un programma preventivo grazie al lungo periodo a disposizione. Contrariamente, le esercitazioni svolte indipendentemente dagli atleti potrebbero non essere efficaci come quando eseguite sotto supervisione qualificata. Oltre alla non-compliance, il metodo di randomizzazione e il potenziale rischio di contaminazione hanno rappresentato una preoccupazione per gli autori di questa revisione. Tre degli studi hanno randomizzato gli atleti all'interno della stessa squadra, portando ad una potenziale contaminazione. Un rischio ancora maggiore esiste nello studio di Engebretsen ^[13] dove i gruppi di controllo hanno comunque svolto un programma di prevenzione classico simile a quello del gruppo di intervento, fattore che potrebbe avere influito significativamente.

Nelle conclusioni gli autori dichiarano come un basso livello di compliance possa influenzare significativamente l'intervento di rinforzo eccentrico in prevenzione alle lesioni degli ischiocrurali. Allo stesso modo, un programma di prevenzione da tali lesioni che preveda l'uso di esercizi di rinforzo eccentrico, accompagnato da un alto livello di compliance da parte dei partecipanti, sembra produrre decisivi miglioramenti. La scarsa qualità metodologica di alcuni studi e il piccolo dimensionamento del campione non permettono di trarne conclusioni certe, ma i risultati ottenuti da questa revisione dovrebbero guidare studi futuri sull'efficacia di tale trattamento preventivo in un contesto di compliance elevata.

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

Hibbert O, Cheong K, Grant A, Beers A, Moizumi T

North American Journal of Sports Physical Therapy 2008 May;3(2):67-81.

L'obiettivo che si poneva questa revisione sistematica era quello di determinare l'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni al gruppo muscolare degli ischiocrurali, in soggetti sani. L'*outcome* di interesse primario era l'incidenza di infortuni agli ischiocrurali, sia che fossero prime lesioni o recidive. La seconda misura dell'*outcome* era la gravità dell'infortunio ai muscoli posteriori della coscia.

La ricerca è stata eseguita sui seguenti database elettronici: MEDLINE, PubMed, EMBASE, CINAHL, Cochrane Database of systematic reviews, SPORTDiscus, PEDro e Web of Science. Allo stesso tempo è stata eseguita da due revisori una ricerca manuale nella letteratura grigia. Non sono stati inseriti limiti di tempo ma sono stati ricercati tutti gli studi fino a marzo 2007, per garantire l'identificazione completa di tutte le pubblicazioni pertinenti. La ricerca è stata limitata agli articoli in lingua inglese o francese ed è stata eseguita tramite l'utilizzo delle parole chiave MeSH come: "athletic injuries," "sprains and strains," "leg injuries," AND "hamstring," "semimembranosus," "semitendinosus," "biceps femoris," AND "eccentric.". Gli articoli sono stati selezionati secondo i seguenti criteri di inclusione: casi di diagnosi di lesione agli ischiocrurali; soggetti altrimenti sani; intervento di rinforzo eccentrico. Gli abstract sono stati valutati da due revisionisti indipendentemente secondo un modello di screening personalizzato. Inizialmente sono stati individuati dai database 354 articoli, ridotti poi a 95 in seguito ad un primo screening. Una seconda fase di screening per eleggibilità ha ridotto gli articoli a 21, per poi giungere a soli 5 articoli che rispettassero tutti i parametri dei revisori. A questi vanno aggiunti 2 articoli ritrovati nella ricerca manuale nella letteratura grigia ritenuti idonei, per un totale di 7 articoli inclusi nella revisione. Tre di questi erano RCT, i restanti 4 erano studi di coorte. La PEDro Scale è stata utilizzata per valutarne la qualità metodologica: i tre RCT avevano tutti un punteggio fra 6 e 7, gli studi di coorte da 2 a 5. I sette studi inclusi sono stati raggruppati per tipologia di intervento di rinforzo eccentrico: protocollo "hamstring lowers" (n=3); protocollo di rinforzo isocinetico (n=2); altri protocolli di rinforzo (n=2).

- Effetto dell'esercizio eccentrico – Protocollo “Hamstring Lowers”: due studi di coorte e un RCT hanno esaminato gli effetti di tale protocollo preventivo [32,33,34]. L'esercizio principale da cui è composto richiede al partecipante di mettersi in ginocchio per terra con il tronco verticale e perpendicolare al pavimento, i piedi sono tenuti fermi da un compagno, le braccia sono incrociate davanti al petto. Da questa posizione di partenza l'atleta deve lasciar cadere il proprio tronco lentamente verso il terreno, quando non è più in grado di frenare gradualmente la sua discesa è autorizzato a lasciarsi andare e usare le braccia per sostenersi contro il pavimento. Tale esercizio è anche conosciuto come Nordic Hamstring. Il protocollo comprendeva poi l'uso di altri trattamenti conservativi quali lo stretching e esercizi combinati di rinforzo concentrico ed eccentrico. Nello studio di Brooks et al. [32] è stata valutata l'efficacia di tale protocollo su 546 giocatori professionisti di rugby. Centoquarantotto giocatori erano nel gruppo di rinforzo muscolare, 144 giocatori nel gruppo di rinforzo e allungamento e 200 giocatori nel gruppo di intervento del Hamstring Lowers. L'incidenza di infortuni agli ischiocrurali rilevata nel gruppo di intervento è stata significativamente più bassa (0,39 infortuni per 1000 ore di gioco) rispetto al gruppo di rinforzo muscolare (1,1) e al gruppo di rinforzo e allungamento (0,59). Le differenze di gravità nelle lesioni non sono state ritenute significative in questo caso dagli autori. Gabbe et al. [34] hanno condotto invece il loro studio su 220 giocatori maschi di football australiano, divisi tra loro in due gruppi: quello di intervento con rinforzo muscolare eccentrico tramite Hamstring Lowers, e quello di controllo con stretching e range di movimento. Ci sono stati numerosi abbandoni lungo l'arco di svolgimento di questo studio. I risultati dell'analisi del ITT (intention to treat) indicano una mancata riduzione del rischio di infortunio nel gruppo di intervento rispetto al gruppo di controllo. L'incidenza degli infortuni agli ischiocrurali nei due gruppi era rispettivamente di 4% e 13,2 %.
- Effetto dell'esercizio eccentrico – Protocollo di rinforzo isocinetico: due studi prospettici di coorte [35,36] hanno studiato l'incidenza di infortuni dopo l'attuazione di tale protocollo. Croisier et al. [35] hanno indagato la recidiva dell'infortunio agli ischiocrurali in 26 atleti di sesso maschile con lesioni unilaterali preesistenti. Prima di prescrivere un programma riabilitativo individuale gli atleti sono stati valutati sotto il profilo funzionale degli hamstring e del quadricipite attraverso l'uso di Kintrex 500® dynamometer. In seguito, i programmi hanno sfruttato lo stesso macchinario per l'esecuzione dell'esercizio eccentrico isocinetico. Durante il periodo di follow-up di

12 mesi, nessun partecipante ha segnalato una ricaduta dell'infortunio ai muscoli ischiocrurali. La gravità della lesione iniziale (ovvero la valutazione del dolore e del disagio muscolare su una scala VAS) è diminuita da $5,9 \pm 1,1$ punti pre-intervento a $0,9 \pm 0,6$ post-intervento ($p < 0,001$) ed è rimasta costante per 12 mesi. Uno studio più recente di Queiros Da Silva et al. [36] ha invece esplorato gli effetti dell'esercizio eccentrico isocinetico tramite l'utilizzo di Cybex® Medway, ma combinato con chinesiterapia classica (ovvero, crioterapia, FANS, massaggio trasverso profondo, stretching passivo muscolotendineo, esercizi propriocettivi) per la prevenzione secondaria delle lesioni muscolari. Otto di questi partecipanti avevano già una lesione preesistente, ma non hanno riscontrato nessuna ricaduta dopo il periodo di follow-up di 8 mesi post-intervento.

- Effetto dell'esercizio eccentrico - Altri protocolli di rafforzamento: due RCT hanno indagato l'uso di altri protocolli eccentrici. Askling et al [28] hanno esaminato gli effetti pre-stagionali dell'uso dell'ergometro YoYo™ flywheel su 30 calciatori professionisti del campionato svedese maschile. La rotazione del flywheel (volano) viene iniziata con una contrazione concentrica degli ischiocrurali, seguita poi da una contrazione eccentrica degli stessi muscoli per decelerare il movimento del volano. Il gruppo di intervento ha unito gli effetti dell'allenamento generale con l'allenamento della forza tramite YoYo™, mentre il gruppo di controllo ha solo eseguito l'allenamento generale. I risultati hanno mostrato una minore incidenza di infortuni nel gruppo di intervento ($n=3$) rispetto a quelli nel gruppo di controllo ($n=10$). Lo studio di Sherry Best [37] ha invece esaminato l'efficacia di due protocolli di riabilitazione: lo stretching e il rafforzamento (STST, $n=11$) confrontati con l'agilità progressiva e stabilità del tronco (PATS, $n=13$) in 24 partecipanti con lesione acuta degli hamstring. Il rinforzo eccentrico nel gruppo STST è stato eseguito tramite la simulazione della fase di swing del passo con il paziente affianco ad una parete in appoggio monopodalico. Il calcio in avanti ha richiesto l'attivazione del quadricipite, mentre è stata eseguita una contrazione eccentrica degli ischiocrurali nel tentativo di frenare e rallentare l'estensione del ginocchio. I risultati mostrano una frequenza di recidiva significativamente inferiori per gli atleti nel gruppo PATS rispetto al gruppo STST.

Nel capitolo della discussione gli autori affermano come, a causa del basso livello di evidenza degli studi inclusi, esistano risultati limitati per provare l'efficacia del rinforzo eccentrico in prevenzione alle lesioni ai muscoli ischiocrurali. In particolare, per quanto

riguarda il primo protocollo “Hamstring Lowers”, è stata riscontrata una minore incidenza di infortuni nei due studi prospettici di coorte ^[32,33], mentre non è stata rilevata nessuna differenza significativa nel RCT ^[34]. I tre studi hanno riguardato atleti di alto livello, fattore che può avere influenzato i risultati, poiché come si evince dalla letteratura la frequenza e l'intensità dell'allenamento di questi sportivi può renderli più vulnerabili ed esposti agli infortuni. Altre difficoltà sono state riscontrate nella diversificazione degli allenamenti nei diversi studi e all'interno degli stessi team coinvolti. I protocolli di allenamento si differenziavano per la progressione, la posologia e l'intensità. Oltre ai numerosi abbandoni a studio in corso che hanno reso più difficile fare stime precise, è da tenere in considerazione anche il fatto che in nessuno degli studi si è riuscito ad ottenere un isolamento efficace dell'esercizio di Hamstring Lowers. Per quanto riguarda invece il secondo protocollo di rinforzo isocinetico i risultati ottenuti dai due studi di coorte ^[35,36] non hanno riportato nessun nuovo infortunio dopo il rientro all'attività sportiva ad un anno di distanza. Numerosi però sono i limiti dei due studi: innanzitutto lo stesso periodo di follow up è troppo ristretto, fermandosi a un solo anno dal rientro in campo, perdendo quindi di validità sul lungo periodo; in secondo luogo il numero del campione analizzato è molto ristretto; non presentavano nessun gruppo di controllo; ed infine non è possibile valutare quanto i risultati siano stati influenzati da altri fattori quali i contemporanei interventi fisioterapici eseguiti sui partecipanti. Gli autori dei due studi concordano però sull'importanza del mantenere la differenza di forza tra i due arti sotto al 5%, fattore ritenuto in letteratura molto rilevante. Nonostante quindi i risultati positivi ottenuti dai due studi, i loro grossi limiti ne condizionano la validità. Ulteriori studi, condotti con una maggiore qualità metodologica, sono indicati per meglio indagare l'efficacia di tale trattamento. Infine, gli altri protocolli di rinforzo muscolare sono stati indagati negli ultimi due RCT ^[37,28]. Askling et al. ^[28] hanno esaminato gli effetti del rinforzo muscolare concentrico ed eccentrico degli hamstring, attraverso l'utilizzo di un ergometro a volano YoYo™. I risultati mostrano un numero significativamente inferiore di lesioni nel gruppo di intervento rispetto a quello di controllo. Risultati che sono però limitati da alcuni aspetti dello studio, quali la piccola dimensione del campione e il difficile isolamento della fase di rinforzo eccentrico da quella di rinforzo concentrico. Nello studio di Sherry Best ^[37] si è indagata invece la differente efficacia di un programma di stretching e rinforzo (STST) rispetto ad un programma di agilità progressiva e agilità del tronco (PATS). Da sottolineare che gli interventi in entrambi i gruppi hanno incluso diverse modalità di allenamento. I risultati

mostrano una maggiore efficacia a favore del programma PATS. Quest'ultimo però, nonostante prevedesse nell'allenamento dell'agilità una notevole fase di carico eccentrico attuata negli stop e ripartenze, non è stato considerato come allenamento eccentrico. Inoltre, non è stato fatto alcun tentativo per determinare l'entità della stabilizzazione del tronco. A causa di questi limiti, uniti alla piccola dimensione del campione e alla scarsa qualità metodologica, non è stato possibile sostenere in modo affermativo l'efficacia di questi protocolli in prevenzione agli infortuni agli ischiocrurali.

Nelle conclusioni gli autori individuano i limiti della revisione nella scarsa qualità metodologica degli studi inclusi, insieme all'elevato numero di abbandoni dei partecipanti durante lo svolgimento degli studi. Da considerare anche che nessuno degli studi ha esaminato l'effetto isolato dell'allenamento eccentrico, che può essere stato influenzato, positivamente o negativamente, dagli altri interventi contenuti nei protocolli utilizzati. In sintesi, sette studi sono stati inclusi in questa revisione dopo una valutazione completa della letteratura disponibile. Questo numero limitato di articoli pertinenti evidenzia la necessità di futuri studi controllati randomizzati ben progettati per valutare in modo conclusivo l'efficacia dell'allenamento eccentrico nella prevenzione agli infortuni degli hamstring. Fino a quando non saranno disponibili ulteriori prove, non è possibile formulare raccomandazioni concrete per sostenere o contrastare l'uso di protocolli di allenamento eccentrici per la prevenzione primaria e secondaria.

3.3 Valutazione critica della qualità metodologica degli studi inclusi

Di seguito è riportata la valutazione delle revisioni sistematiche incluse effettuata con l'ausilio della AMSTAR Checklist.

(Shea BJG, Wells JM, G. A. Boers GA et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol.* 2007;7:10.)

AMSTAR Checklist	Al Attar WSA, 2017	Adam G, 2015	Hibbert O, 2008
1. Lo studio include una descrizione "a priori" del quesito di ricerca e dei criteri di inclusione?	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
2. La selezione e l'estrazione degli studi è stata effettuata in doppio? Almeno due revisori hanno effettuato la selezione degli studi rilevanti per l'inclusione in modo indipendente ed è stato descritto il metodo utilizzato per dirimere l'eventuale disaccordo.	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
3. È stata effettuata una ricerca bibliografica esaustiva? La ricerca bibliografica è stata effettuata su almeno due banche dati elettroniche; sono state riportate le parole chiave utilizzate e se possibile la strategia di ricerca utilizzata. Le ricerche sono state completate dalla consultazione di atti di convegni, revisioni testi, registri specializzati, referenze degli studi reperiti e esperi nel campo.	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
4. Lo stato di pubblicazione non è stato utilizzato come criterio di inclusione? Gli autori dichiarano che gli studi sono stati inclusi senza tenere conto del tipo di pubblicazione? (sono stati inclusi anche studi non pubblicati e senza effettuare limitazioni di lingua)	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
5. È riportata una lista completa degli studi inclusi e degli studi esclusi?	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>6. Le caratteristiche degli studi inclusi sono state descritte? Le caratteristiche rilevanti degli studi inclusi (partecipanti, interventi a confronto, misure di risultato) sono state riportate in un formato sintetico.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>7. La qualità metodologica degli studi inclusi è stata valutata e descritta? Sono descritti i criteri definiti "a priori" utilizzati per valutare la qualità metodologica degli studi?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>8. La qualità metodologica degli studi inclusi è stata considerata e utilizzata per formulare le conclusioni? Il risultato della valutazione della qualità metodologica e il rigore scientifico degli studi inclusi è stata considerata nella analisi dei dati e nelle conclusioni ed esplicitamente definita nella formulazione delle raccomandazioni.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>9. Il metodo utilizzato per effettuare la sintesi statistica è appropriato? è stato effettuato un test per verificare che gli studi fossero combinabili e sufficientemente omogenei. Se vi è eterogeneità deve essere utilizzato il modello a effetti random e/o l'appropriatezza della meta-analisi deve essere discussa.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>10. È stata valutata la possibilità del bias di pubblicazione? la valutazione del bias di pubblicazione deve includere una analisi grafica (funnel plot) e/o un formale test statistica (es: test di regressione di Egger)</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Sì <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>11. È stato dichiarato il conflitto di interessi? Eventuali fonti di finanziamento ricevute sia dagli autori della revisione che degli studi primari sono state dichiarate?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Non chiaro <input type="checkbox"/> Non applicabile
<p>Totale punteggio</p>	<p>10/11</p>	<p>7/11</p>	<p>7/11</p>

3.4 Tabelle sinottiche

Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Sports Med. 2017 May;47(5):907-916.

Obiettivo	Popolazione	Intervento	Outcome	Risultati
Investigare l'efficacia dei programmi di prevenzione delle lesioni che includono l'esercizio di NH (Nordic Hamstring) sulla riduzione dei tassi di infortuni agli ischiocrurali nei calciatori.	Calciatori. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Soligard: F, età 13-17, Norvegia ▪ Engebretsen: M, età 17-35, Norvegia ▪ Grooms: M, età 18-25, USA ▪ Van Der Horst: M, età 18-40, Olanda ▪ Silvers: M, età 18-25, USA 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FIFA 11+ e NH ▪ Esercizi NH ▪ FIFA 11+ e NH ▪ Esercizi NH ▪ FIFA 11+ e NH 	Tasso di infortuni ai muscoli ischiocrurali, ovvero il numero di infortunio tenendo conto delle ore di esposizione e del carico di lavoro.	Secondo gli autori gli esercizi di Nordic Hamstring, da solo o in combinazione con un programma di prevenzione, possono ridurre significativamente l'incidenza di lesioni agli ischiocrurali nei calciatori di sesso maschile.
Note: Ulteriori approfondimenti andrebbero condotti per determinare la loro efficacia per atlete donne, per altri sport, e in altri momenti dell'allenamento, come la fase di defaticamento.				

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

Adam Goode, Michael Reiman, Lloyd Harris, Lucia DeLisa, Aaron Kauffman, David Beltramo, Charles Poole, Leila Ledbetter, Andrea Taylor.

Obiettivo	Popolazione	Intervento	Outcome	Risultati
Determinare l'effetto del rinforzo eccentrico dei muscoli posteriori della coscia sul rischio di lesione al gruppo muscolare degli ischiocrurali, ed esplorare quantitativamente l'impatto della compliance dell'intervento sulla precisione, eterogeneità e forza e direzione delle stime di studio raggruppate.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Askling: 30 calciatori, M, Svezia. Solo soggetti sani ▪ Gabbe: M, 220 giocatori di football australiano. Solo soggetti sani ▪ Engerbretsen: M, 37 calciatori norvegesi. Un gruppo con pregressi infortuni e uno senza. ▪ Petersen: 942 calciatori danesi. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Yo-Yo flywheel ergometer ▪ Esercizi NH ▪ Esercizi NH ▪ Esercizi NH 	Numero di infortuni registrati in ogni studio. Valutazione del livello di compliance e dei suoi effetti in ogni singolo studio.	Gli autori dichiarano come un basso livello di compliance possa influenzare significativamente l'intervento di rinforzo eccentrico in prevenzione alle lesioni degli ischiocrurali. Allo stesso modo, un programma di prevenzione da tali lesioni che preveda l'uso di esercizi di rinforzo eccentrico, accompagnato da un alto livello di compliance da parte dei partecipanti, sembra produrre decisivi miglioramenti.
Note: La scarsa qualità metodologica di alcuni studi e il piccolo dimensionamento del campione non permettono di trarne conclusioni certe				

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

Hibbert O, Cheong K, Grant A, Beers A, Moizumi T. North American Journal of Sports Physical Therapy 2008 May;3(2):67-81.

Obiettivo	Popolazione	Intervento	Outcome	Risultati
Determinare l'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni al gruppo muscolare degli ischiocrurali, in soggetti sani.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arnason: calciatori professionisti maschi delle leghe della Norvegia e Islanda. ▪ Askling: calciatori professionisti maschi, Svezia. ▪ Brooks: rugbysti professionisti campionato inglese. ▪ Croisier: calciatori, arti marziali, corridori, maschi. ▪ Gabbe: giocatori di football australiano maschi. ▪ Queiros: atleti maschi con precedenti lesioni agli hamstring. ▪ Sherry: atleti maschi e femmine con precedenti lesioni agli hamstring. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stretching, flessibilità, allenamento della forza ▪ Allenamento generale e allenamento eccentrico ▪ Allenamento forza, stretching statico e allenamento eccentrico tramite "hamstring lowers" ▪ Allenamento isocinetico concentrico ed eccentrico. ▪ Allenamento eccentrico "hamstring lowers" ▪ Allenamento eccentrico isocinetico tramite Cybex® ▪ Stretching e rinforzo (STST) e stabilizzazione tronco e agilità progressiva (PATS) 	L'outcome di interesse primario era l'incidenza di infortuni agli ischiocrurali, sia che fossero prime lesioni o recidive. La seconda misura dell'outcome era la gravità dell'infortunio ai muscoli posteriori della coscia.	Necessità di futuri RCT ben progettati per valutare in modo conclusivo l'efficacia dell'allenamento eccentrico nella prevenzione agli infortuni degli hamstring. Fino a quando non saranno disponibili ulteriori prove, non è possibile formulare raccomandazioni concrete per sostenere o contrastare l'uso di protocolli di allenamento eccentrici per la prevenzione primaria e secondaria.
Note: Limiti della revisione scarsa qualità metodologica degli studi inclusi, elevato numero di abbandoni. Da considerare anche che nessuno degli studi ha esaminato l'effetto isolato dell'allenamento eccentrico.				

Capitolo 4

DISCUSSIONE

Le revisioni sistematiche descritte nel capitolo precedente hanno mostrato eterogeneità per quanto riguarda i trattamenti somministrati, la qualità metodologica con cui sono stati condotti gli studi e gli *outcome* misurati. Ciò nonostante tutte e tre le revisioni, sebbene con modalità differenti tra loro, si ponevano l'obiettivo di indagare l'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni al gruppo muscolare degli ischiocrurali.

Per quanto riguarda le caratteristiche del campione, le tre revisioni hanno incluso al loro interno studi i cui partecipanti erano atleti dilettanti o professionisti. La popolazione di ogni revisione si differenziava però dall'altra per gli sport esaminati: mentre Al Attar et al. ^[38] hanno analizzato studi condotti su solo calciatori, Goode et al. ^[39] hanno incluso anche atleti di football australiano. Allo stesso tempo nella revisione di Hibbert et al. ^[40] sono stati inclusi anche studi comprendenti atleti generici, dove non venivano meglio specificati gli sport di appartenenza. Nessuno degli studi ha posto dei limiti nel campionamento inerenti né all'età né al livello agonistico dei partecipanti. Quest'ultimo aspetto in particolare può essere fonte di *bias* per la ricerca in quanto non tiene conto del fatto che un atleta professionista sarà sicuramente sottoposto a molte più sollecitazioni e carichi di lavoro di un dilettante. Da sottolineare anche che sono presenti singoli studi primari in comune nelle tre revisioni. Per esempio, lo studio di Engebretsen ^[22] è stato incluso sia nella revisione di Al Attar che in quella di Goode, riportando in entrambe dei risultati negativi per l'efficacia del trattamento. Nella sua analisi Goode riferisce però come, prendendo in esame solo gli atleti che riportavano un'elevata compliance al trattamento, l'incidenza risulta minore nel gruppo di intervento rispetto a quello di controllo. Allo stesso modo lo studio primario di Askling ^[28] è stato selezionato sia nella revisione di Goode che in quella di Hibbert, mostrando in entrambi risultati positivi per quanto concerne l'efficacia del trattamento, ovvero l'allenamento della forza tramite l'uso dell'ergometro *YoYo™ flywheel*. La scarsa dimensione del campione (30 partecipanti) rende però questi risultati poco significativi dal punto di vista riabilitativo. La scarsa qualità del campionamento di alcuni studi primari analizzati nelle tre revisioni, inoltre, limita la validità clinica delle stesse, poiché rende impossibile effettuare inferenza su campioni di popolazioni ridotti e molto

eterogenei fra loro. Un ulteriore limite di questa revisione è dato dalla mancanza di generalizzazione rispetto al sesso degli atleti: non è stato indagato a dovere se i risultati ottenuti dagli studi primari possano essere applicati anche ad atleti di sesso femminile, in quanto la maggioranza della popolazione riguardava esclusivamente sportivi di sesso maschile, non considerando le differenze morfologiche e fisiologiche che li contraddistinguono.

Le tipologie di intervento somministrate nelle tre revisioni differiscono tra loro per le modalità, ma tutte quante prevedono una fase di lavoro eccentrico, indipendentemente dal contesto in cui viene inserita. La revisione di Al Attar si pone l'obiettivo di valutare l'efficacia di uno specifico esercizio eccentrico quale il *Nordic Hamstring* (NH), singolarmente o inserito in un contesto di un programma preventivo più ampio come il FIFA 11+. Tutti gli studi inclusi in questa revisione prevedevano una progressione dell'allenamento, partendo da carichi di lavoro più blandi che andavano ad aumentare con il passare delle settimane, rispettando l'adattabilità di questo gruppo muscolare. La durata degli interventi variava da un trattamento minimo di 10 settimane fino ad arrivare in alcuni studi a valutarne l'efficacia lungo l'arco di una stagione sportiva intera. Nella meta analisi di Goode oltre al NH è stato indagato anche il trattamento tramite l'uso del *YoYo™ flywheel*, composto da una fase iniziale concentrica ed una finale di decelerazione eccentrica. Infine, nella revisione di Hibbert i criteri di inclusione riguardanti il trattamento erano più ampi e meno specifici, comprendendo un qualsiasi tipo di intervento composto in una delle sue parti da un rinforzo muscolare eccentrico. Gli interventi sono stati divisi dagli autori di tale revisione in tre gruppi. Un protocollo denominato "*Hamstring lowers*", costituito da uno specifico esercizio già analizzato, ovvero il Nordic Hamstring, inserito in un più ampio programma preventivo. Un protocollo di rinforzo isocinetico, composto da esercizi di contrazioni isocinetiche effettuate tramite l'ausilio del macchinario *Kintrex 500® dynamometer* o *Cybex® Medway*. E per ultimo altri protocolli di rinforzo, comprendenti uno l'uso del *YoYo™ flywheel*, l'altro un programma di rinforzo e stretching confrontato con un programma di agilità progressiva e stabilità del tronco. Si osserva dunque come la revisione di Al Attar et al. effettuò un'indagine più specifica valutando l'efficacia di un singolo tipo di intervento standardizzato, il NH, rispetto alle due successive opere, le quali includono nei loro studi diverse tipologie di intervento. Tale aspetto determina un'analisi che

tende più al generale, indagando gli effetti di una qualsivoglia tipologia di intervento comprendente una fase di allenamento eccentrico.

Per quanto concerne il gruppo di controllo le revisioni differiscono lievemente tra loro. In tutte e tre, nei gruppi di controllo è stata somministrato il normale programma di allenamento stagionale previsto nei vari team a cui abitualmente gli atleti partecipavano. Questo impedisce di compiere una standardizzazione dell'intervento nei gruppi di controllo, non permettendo di analizzare come ognuno di essi possa aver influito diversamente negli esiti dei risultati. Non essendo specificata la tipologia dell'allenamento, infatti, non è stato possibile valutare le differenze tra i vari studi e determinare quanto un intervento potesse differire da quello proposto in un altro studio e nemmeno evidenziarne gli effetti. È possibile che un gruppo di controllo abbia svolto un tipo di lavoro più utile ai fini preventivi per gli infortuni agli ischiocrurali rispetto ad un altro, influenzando quindi così il risultato del rischio relativo (RR).

Anche rispetto agli *outcome* misurati e ai risultati ottenuti dalle varie revisioni sono emerse delle eterogeneità. È interessante come sia Al Attar stesso nel suo studio ad offrirci un paragone di confronto con la revisione di Goode: mentre la prima si pone l'intento di indagare l'efficacia del trattamento in relazione alle ore di esposizione e ai carichi di lavoro, la seconda ricerca nel suo *outcome* il solo numero di infortuni. Nella meta-analisi di Al Attar si tiene conto di come una maggiore esposizione alle ore di gioco sia un fattore decisamente rilevante per stabilire il rischio relativo di un determinato intervento. Inevitabilmente infatti, un atleta che svolge la propria prestazione sportiva per, per esempio, 1000 ore, sarà indubbiamente più a rischio di infortuni di un atleta che gioca per solo 10 ore. Allo stesso identico modo i carichi di lavoro a cui ogni atleta è sottoposto non possono essere un fattore trascurabile nel momento in cui lo scopo sia evidenziare l'incidenza di un determinato tipo di infortunio. Va sottolineato inoltre come Goode si focalizzi maggiormente su come la compliance di un intervento, in questo caso il rinforzo muscolare eccentrico, incida sulla sua efficacia preventiva. I risultati che ci portano le due revisioni sono quindi differenti, ma entrambe ci offrono indicazioni importanti nella pianificazione di un programma preventivo. Se Al Attar ci mostra come un esercizio specifico di allenamento eccentrico quale il NH, da solo o in combinazione con un programma di prevenzione, porti ad una significativa riduzione del rischio relativo di incorrere in un infortunio ai muscoli ischiocrurali, la revisione di Goode evidenzia invece come la riuscita di un buon

protocollo preventivo sia influenzata in maniera rilevante dalla compliance all'intervento mostrata dall'atleta. Un atleta che dichiara un'elevata compliance all'intervento sarà maggiormente motivato e orientato alla buona riuscita dell'esercizio, così da ottenere i migliori risultati auspicabili. All'opposto, un atleta che svolge un trattamento con una compliance bassa rischia non solo di non ottenere nessun beneficio ma anzi di aggravare la situazione svolgendo un esercizio in maniera scorretta, portando ad un aumento delle condizioni debilitanti per il gruppo muscolare. Infine, analizzando la revisione di Hibbert et al., possiamo vedere come l'*outcome* di interesse primario sia sempre individuato nel numero di infortuni registrati nel periodo monitorato, ma i cui risultati sono fortemente inficiati dalla scarsa qualità metodologica degli studi inclusi, di cui andremo ora a discutere.

Tutti i risultati ottenuti dalle tre revisioni analizzate in questa tesi devono essere considerati valutando la qualità metodologica con cui sono stati condotti gli studi primari, oltre alla qualità metodologica delle stesse revisioni. Nel capitolo "Risultati" è riportata la valutazione qualitativa delle revisioni effettuata tramite scala AMSTAR, la quale mostra come lo studio di Al Attar sia qualitativamente superiore agli altri due, con un punteggio di 10/11. Infatti, gli autori cercano di raggiungere i più alti standard metodologici, eseguendo una selezione degli studi tramite criteri di inclusione ed esclusione ben definiti, riuscendo così ad eseguire un'analisi più specifica possibile, accompagnata da un'uniformità di metodi e strumenti fra gli studi selezionati così da poterne trarre risultati il più attendibili possibile. Sono stati inclusi solo RCT, che rispondano a determinati standard qualitativi (tramite scala PEDro) e che prendano in esame un solo tipo di esercizio inserito in una popolazione il più omogenea possibile, in questo caso i calciatori di sesso maschile. Nonostante ciò, gli autori stessi identificano dei limiti comunque presenti nella loro analisi: non è possibile trarre conclusioni significative né per atlete di sesso femminile né per altri sport, e allo stesso tempo evidenziano come vada indagata l'efficacia di questa tipologia di intervento applicata ad altri momenti dell'allenamento, come può essere ad esempio la fase di defaticamento rispetto a quella di riscaldamento. Le altre due revisioni che abbiamo preso in esame riportano invece un punteggio inferiore su scala AMSTAR, reciprocamente di 7/11. Nel caso della revisione di Goode sono gli stessi autori nelle conclusioni ad evidenziarne i limiti, riferendo come la scarsa qualità metodologica degli studi primari inclusi, unitariamente al piccolo dimensionamento del campione preso in

esame, non permettano di effettuarne inferenza. Per quanto riguarda la meta-analisi di Hibbert viene dichiarato un ulteriore limite nella selezione degli studi primari: infatti gli autori includono nella loro selezione oltre a RCT anche degli studi di coorte, i quali oltre a non offrire un termine di confronto, vanno ad indagare tipologie di trattamento piuttosto differenti tra loro, se pur sempre comprendenti una fase di rinforzo eccentrico. Gli studi primari inclusi, inoltre, presentano una scarsa qualità metodologica con campioni ridotti e molto eterogenei fra loro, periodi di follow-up troppo brevi uniti ad un elevato numero di abbandoni durante lo studio. L'ultimo ma non meno importante aspetto da considerare è che in questa revisione non è stato possibile isolare gli effetti dell'intervento eccentrico da quello concentrico, poiché non è stata eseguita un'accurata differenziazione delle due fasi all'interno di alcuni protocolli somministrati.

Capitolo 5

CONCLUSIONI

Dopo un'analisi critica dei risultati raggiunti dalle revisioni prese in esame è possibile trarne delle indicazioni importanti riguardo l'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico in prevenzione agli infortuni ai muscoli ischiocrurali. Nonostante gli studi presentassero eterogeneità per gli aspetti già trattati nel capitolo precedente, tutti e quanti hanno compreso all'interno del loro intervento una fase di rinforzo muscolare eccentrico, indipendentemente dal contesto in cui veniva inserito.

Interpretando i risultati ottenuti è emerso come il rinforzo muscolare eccentrico, sia esso eseguito individualmente o inserito all'interno di un più vasto programma preventivo, possa avere effetti positivi a livello preventivo per gli infortuni al gruppo muscolare degli ischiocrurali. Intervento che viene però fortemente influenzato dalla compliance mostrata dai partecipanti: per la corretta riuscita del protocollo preventivo è importante che gli atleti riportino una partecipazione attiva e coerente, oltre ad una corretta stimolazione da parte dello staff che ha il compito di facilitare il più possibile l'adesione all'intervento da parte dei propri atleti.

Nonostante i risultati riportati dagli autori valutino per la maggior parte positivamente l'efficacia preventiva dell'intervento esaminato, i numerosi limiti mostrati dagli studi suggeriscono la necessità di intraprendere future ricerche e su quali aspetti esse dovranno orientarsi. Innanzitutto, sarà necessario effettuare studi con una qualità metodologica più elevata e che interessino una popolazione più ampia, così da attribuire maggiore significatività statistica ai risultati ottenuti. Inoltre, sarà importante riuscire a trarne risultati il più specifici possibili, orientando i futuri studi alla valutazione dell'efficacia a seconda dello sport considerato e del tipo di popolazione incluso. È importante anche riuscire ad effettuare una discriminazione la più accurata possibile degli effetti causati dall'allenamento eccentrico rispetto ai restanti esercizi del programma in cui esso viene inserito, limite riportato da tutti gli autori nelle loro opere, data la difficile riuscita di tale compito. Risulta infatti uno degli aspetti di maggiore criticità all'interno degli studi, poiché non è stato possibile riuscire a discernere attentamente gli effetti di un determinato esercizio dal contesto in cui veniva inserito. La meta-analisi di Al Attar, oltre ad offrirci i risultati significativamente più validi e

specifici, uniti ad una qualità metodologica superiore rispetto alle altre revisioni, pone l'attenzione sulla necessità di indagare gli effetti di un esercizio di rinforzo eccentrico, come il Nordic Hamstring, in relazione al momento dell'allenamento in cui viene somministrato. Recenti studi riflettono per l'appunto sulla possibilità di ottenere una maggiore efficacia nei protocolli preventivi se effettuati in una fase di defaticamento, che meglio simulerebbe le condizioni di gara dove si incorre più frequentemente in un infortunio muscolare. Infine, è importante considerare eventuali effetti collaterali indotti dalla pratica di un allenamento eccentrico, aspetto trascurato dalla maggior parte degli studi.

In conclusione, in seguito alla raccolta dei risultati ottenuti dalle tre revisioni sistematiche prese in esame in questa tesi, si può affermare l'importanza di proseguire nelle future ricerche riguardanti l'efficacia del rinforzo muscolare eccentrico, eseguito con alti livelli di compliance e con rigore metodologico, come prevenzione agli infortuni ai muscoli ischiocrurali. I limiti esplicitati dagli autori evidenziano gli aspetti su cui le future ricerche dovranno focalizzarsi.

BIBLIOGRAFIA

1. "Difference in activation properties of the hamstring muscles during overground sprinting" – Higashihara A, Nagano Y, Ono T and Fukubayashi T. *Gait & Posture*, 2015 Sep.
2. "Hamstring Strain Injuries: factors that lead to injury and re-injury" – Opar Da, Williams MD and Shield AJ – *Sports Med.* 2012.
3. Ahmad C.S., Redler L.H., Ciccotti M.G., Maffulli N., Longo U.G., Bradley J. Evaluation and management of hamstring injuries. *Am J Sports Med.* 2013;41(12):2933–2947.
4. Nanni G. *Atti Convegno Isokinetic – Attualità nel trattamento delle lesioni tendinee e muscolari.* Bologna, 2000.
5. Garret WE e coll. "Histochemical correlates of hamstring injuries". *Am J Sport Medicine.* 12 (2) 98-103, 1984.
6. Carlson C. The natural history and management of hamstring injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2008;1(2):120–123.
7. Lempainen L., Banke I.J., Johansson K., Brucker P.U., Sarimo J., Orava S. Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2449–2456.
8. Svensson K., Eckerman M., Alricsson M., Magounakis T., Werner S. Muscle injuries of the dominant or non-dominant leg in male football players at elite level. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;(June)
9. Wangensteen A., Tol J.L., Witvrouw E., Van Linschoten R., Almusa E., Hamilton B. Hamstring reinjuries occur at the same location and early after return to sport: a descriptive study of MRI-confirmed reinjuries. *Am J Sports Med.* 2016;44(8):2112–2121.
10. Armstrong RB., Warren GL., Warren A. *Mechanism of exercise induced fiber injury.* *Sports Med.* 12 : 184-207, 1991.
11. Garret WE. *Muscle strain injury: clinical and basic aspects.* *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 439-443, 1990.
12. Garrett WE., Safran MR., Seaber AV. *Biomechanical comparison of stimulated and non-stimulated skeletal muscle pulled to failure.* *Am. J. Sports Med.* 15 : 448-454, 1987.
13. Kalimo H., Rantanen J., Järvinen M. *Muscle injuries in sports.* *Baillieres Clin Orthop.* 2: 1-24, 1997.
14. Hurme T., Lehto M., Falck B., Taino H., Kalimo H. *Electromyography and morphology during regeneration of muscle injury in rat.* *Acta Physiol Scand.* 142: 443-456, 1991
15. Vaittinen S., Hurme T. Rantanen J., Kalimo H. *Transected myofibers may remain permanently divided in two parts.* *Neuromuscular Disord.* 12: 584-587, 2002.

16. Järvinen M., Aho Aj., Lehto M., Toivonen H. *Age dependent repair of muscle rupture: a histological and microangiographical study in rats.* Acta Orthop Scand. 54: 64-74, 1983.
17. 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;23(3):253–262.
18. Grooms DR, Palmer T, Onate JA, et al. Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. J Athl Train. 2013;48(6):782–9.
19. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. BMJ. 2008; 337: a 2469.
20. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, et al. Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiate male soccer player. Am J Sports Med. 2015;43(11):2628–37.
21. Van der Horst N, Smits DW, Petersen J, et al. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. Am J Sports Med. 2015;43(6):1316–23.
22. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, et al. 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;36(6):1052–60.
23. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries factors that lead to injury and re-injury. Sports Med. 2012;42(3):209–26.
24. Hulin BT, Gabbett TJ, Blanch P, et al. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. Br J Sports Med. 2014;48(8):708–12.
25. Croisier JL. Factors associated with recurrent hamstring injuries. Sports Med. 2004;34(10):681–95.
26. Small K, McNaughton L, Greig M, et al. Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. J Strength Cond Res. 2009;23(4):1077–83.
27. Marshall PW, Robbins DA, Wrightson AW, et al. Acute neuro-muscular and fatigue responses to the rest-pause method. J Sci Med Sport. 2012;15(2):153–8.
28. Askling C, Karlsson J, Thorstensson. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. Scand J Med Sci Sports 2003; 13:244–50
29. Gabbe BJ, Branson R, Bennell KL. A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. J Sci Med Sport 2006; 9:103–9

30. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, et al. 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; 36:1052–60.
31. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, et al. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2011; 39:2296–303.
32. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, et al. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med*. 2006; 34:1297–1306
33. Arnason A, Andersen TE, Holme I, et al. Prevention of hamstring strains in elite soccer: An intervention study. *Scand J Med Sci Sports*. 2007
34. Gabbe BJ, Branson R, Bennell KL. A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian football. *J Sci Med Sport*. 2006; 9:103–109.
35. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, et al. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med*. 2002; 30:199–203.
36. Queiros Da Silva C, Cotte T, Vicard L, et al. Interest of eccentric isokinetic exercises in cases of calcanean tendinosis and thigh muscular injuries: Prospective study results. *Isokinetics Exerc Sci*. 2005; 13:39–44.
37. Sherry Best TM. A comparison of two rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004; 34:116–125
38. Effect of injury prevention programs that include the Nordic hamstring exercise on hamstring injury rates in soccer players: a systematic review and meta-analysis. Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. *Sports Medicine* 2017 May;47(5):907-916.
39. Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. Goode AP, Reiman MP, Harris L, de Lisa L, Kauffman A, Beltramo D, Poole C, Ledbetter L, Taylor AB. *British Journal of Sports Medicine* 2015 Mar;49(6):349-356.
40. A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals. Hibbert O, Cheong K, Grant A, Beers A, Moizumi T. *North American Journal of Sports Physical Therapy* 2008 May;3(2):67-81.

SITOGRAFIA

1. <http://www.scienzaesport.com/MO/017/017.htm>
2. <http://www.bodyfly.com/prevenire-gli-infortuni-con-il-nordic-hamstring-exercise/>
3. <https://www.my-personaltrainer.it/strappo-ischiocrurali.html>
4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29339983>
5. <https://www.antoniosiepi.com/articoli/le-lesioni-muscolari-degli-ischiocrurali/>
6. <http://www.scienzaesport.com/sezioni/traumatologia/eziologia-lesioni-muscolari/Eziologia-lesioni-muscolari.htm>
7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5582808/#bib0245>