

LESIONE DEGLI HAMSTRING NEL CALCIO: FATTORI DI RISCHIO E STRATEGIA PREVENTIVA

A. ORSINI

Preparatore Atletico centro di medicina riabilitativa Sport and Anatomy, Università di Pisa

RIASSUNTO

A seguito delle raccomandazioni formulate dall'International Injury Consensus Group, una lesione degli Hamstring è stata definita come un dolore acuto situato ai muscoli posteriori della coscia che si verifica durante l'allenamento o la competizione, e comporta l'immediata interruzione del gioco e l'impossibilità di partecipare alla prossima sessione di allenamento o partita.

Le evidenze suggeriscono che il processo decisionale clinico basato sul raggiungimento di obiettivi funzionali, un'adeguata pianificazione del programma di recupero e la definizione dei criteri di ritorno al gioco, rappresentano gli elementi essenziali per una riabilitazione di successo.

Nonostante una crescente ricchezza di informazioni emergenti sull'eziologia degli HSI (*Hamstring Strain Injuries*), la loro incidenza nel calcio è in aumento. Ciò potrebbe essere spiegato dalla maggiore intensità e dalle esigenze fisiche delle partite di calcio negli ultimi dieci anni; ma i professionisti dovrebbero anche mettere in discussione il loro approccio alla prevenzione degli infortuni e alla preparazione fisica dei giocatori.

Nel calcio d'élite, esiste una grande disconnessione tra la pratica basata sull'evidenza scientifica e gli effettivi interventi utilizzati dagli staff per prevenire gli infortuni. Per questo, possiamo ritenere che la prevenzione degli HSI nel calcio d'élite richiede un approccio generale che considera molteplici fattori di rischio e le loro interrelazioni, implementati in modo efficace.

Parole chiave: Hamstring · Infortuni Calcio · HSI · Prevenzione · Fattori di rischio

ABSTRACT

Following the recommendations made by the International Injury Consensus Group, a Hamstring injury has been defined as an acute pain located in the hamstrings that occurs during training or competition, and involves the immediate interruption of the game and impossibility to participate in the next training session or game.

The evidence suggests that the clinical decision-making process based on the achievement of functional objectives, adequate planning of the recovery program and the definition of the criteria for returning to the game represent the essential elements for a successful rehabilitation.

Despite a growing wealth of emerging information on the etiology of HSI (Hamstring Strain Injuries), their incidence in football is increasing. This could be explained by the greater intensity and physical needs of football matches over the last ten years; but professionals should also question their approach to injury prevention and the physical preparation of players.

In elite football, there is a great disconnection between the evidence-based practice and the actual interventions used by staff to prevent injuries. Therefore, we can assume that the prevention of HSIs in elite football requires a general approach that considers multiple risk factors and their interrelations, implemented effectively.

Keywords: Hamstring · Football Injuries · HSI · Prevention · Risk Factors

Nel calcio professionistico maschile, le lesioni degli Hamstring, rappresentano l'infortunio da non-contatto più comune e frequente (12% delle lesioni totali subite)^{1,2}. Si ritiene che si verificano lesioni della giunzione mio-tendinea quando forze

superiori ai limiti meccanici causano interruzioni meccaniche^{3,4}.

Gli HSI presentano un'incidenza di 6-9 infortuni ogni 1000 ore giocate⁵. Nel calcio, un giocatore soffre in media di 0,6 lesioni muscolari per sta-

gione: il 92% negli arti inferiori e il 37% colpisce i muscoli posteriori della coscia con un'assenza media di $14,3 \pm 14,9$ giorni di gara (da 1 a 128 giorni) con un tasso di re-infortunio del 16%⁶.

Per prevenire gli HSI è importante capire il perché si verificano, in modo da poter sviluppare un intervento adeguato, mirato ai fattori di rischio specifici. È importante sottolineare che non esiste una chiara comprensione del perché si verifichino gli HSI⁷. Sebbene ci siano moltissime ricerche che esaminano i fattori di rischio, mancano prove che riportano quali di questi siano realmente coerenti per gli HSI⁸, e anche una mancanza di ricerca che esamina come i presunti fattori di rischio interagiscono tra loro⁹.

Nonostante la difficoltà nello studio delle interazioni di più fattori di rischio, sembra che questi non operino in modo isolato, ma invece funzionino come una complessa rete di determinanti¹⁰. Non essendo tutti fattori di rischio modificabili, è necessario considerarli nella progettazione di programmi di riabilitazione e prevenzione.

Un elemento essenziale dei programmi di prevenzione HSI è l'individualizzazione del programma, mirata al rischio di infortunio dell'individuo.

I giocatori vengono di solito sottoposti a screening e test dal Dipartimento di Medicina e dallo staff del team per valutazioni della salute, valutazioni muscolo-scheletriche, valutazione della *performance* (Forza, Velocità, Resistenza, Potenza e Mobilità), profilo psicologico, storia di lesioni, controllo neuromuscolare / qualità del movimento, tipicamente all'inizio di ogni stagione.

Queste informazioni, congiuntamente ai processi appropriati di test, *screening* e monitoraggio degli infortuni in corso, forniscono le informazioni necessarie per creare approcci di allenamento personalizzati per ridurre il rischio di infortunio del giocatore, prendendo di mira specifici fattori di rischio rilevanti per il profilo dei giocatori¹¹ e, allo stesso tempo, fungendo da criteri di riferimento per il ritorno al gioco⁷.

È importante che qualsiasi programma di prevenzione HSI sia implementato come parte di un programma completo di prevenzione degli infortuni e delle prestazioni.

Rappresentando il 12% delle lesioni totali subite^{1,2}, la prevenzione per gli HSI dovrebbe contestualizzare anche quella di altre lesioni (che rappresentano il restante 88%). Pertanto, il riconoscimento dell'interazione tra i fattori di rischio

generali per tutte le lesioni e la massimizzazione del *crossover* degli interventi è importante nella progettazione del programma di prevenzione.

STRATEGIA PREVENTIVA HSI: 5 PUNTI CHIAVE

1. Forza degli Hamstring

Quando si verificano lesioni alla giunzione mio-tendinea dei muscoli posteriori della coscia, forze superiori ai limiti meccanici del tessuto causano interruzioni meccaniche^{3,4,12}, quindi una buona strategia di prevenzione per gli HSI dovrebbe essere quella di aumentare la capacità del tessuto, aumentando così la soglia di sicurezza per le lesioni.

L'uso dell'allenamento della forza in eccentrico dei muscoli posteriori della coscia è la strategia più ampiamente studiata e raccomandata basata sull'evidenza scientifica per la prevenzione degli HSI, ed è stato dimostrato che riduce significativamente il rischio di lesioni primarie e secondarie (65% -85%)¹³.

L'allenamento della forza eccentrica provoca alterazioni positive riguardo l'architettura muscolare, in particolare un aumento della lunghezza del capo lungo del bicipite femorale (BFLh) di circa il 16%-34% dopo 5-10 settimane di allenamento eccentrico della forza^{12,14}, anche se non sempre¹⁵. Timmins, Bourne, Shield *et al.* considerano che giocatori professionisti con BFLh più corti (<10,6 cm), sono soggetti ad un rischio quattro volte maggiore di HSI rispetto ai giocatori con BFLh più lunghi. Il rischio di lesione è stato ridotto del 75% per ogni aumento di 0,5 cm della lunghezza del BFLh¹⁶.

Prima di programmare una strategia preventiva per le lesioni degli Hamstring, bisogna considerare che:

- 1) È necessario considerare tutte le parti della curva forza-velocità per quanto riguarda il suo potenziale sviluppo atletico e di riduzione degli infortuni. In effetti, l'aspetto forza-velocità è diventato più comune in questo ambiente, al fine di affrontare le aree di potenziale miglioramento in un individuo, così come la selezione degli esercizi adottata dal professionista. I deficit di forza esplosiva limiterebbero la capacità di esprimere la massima forza durante lo

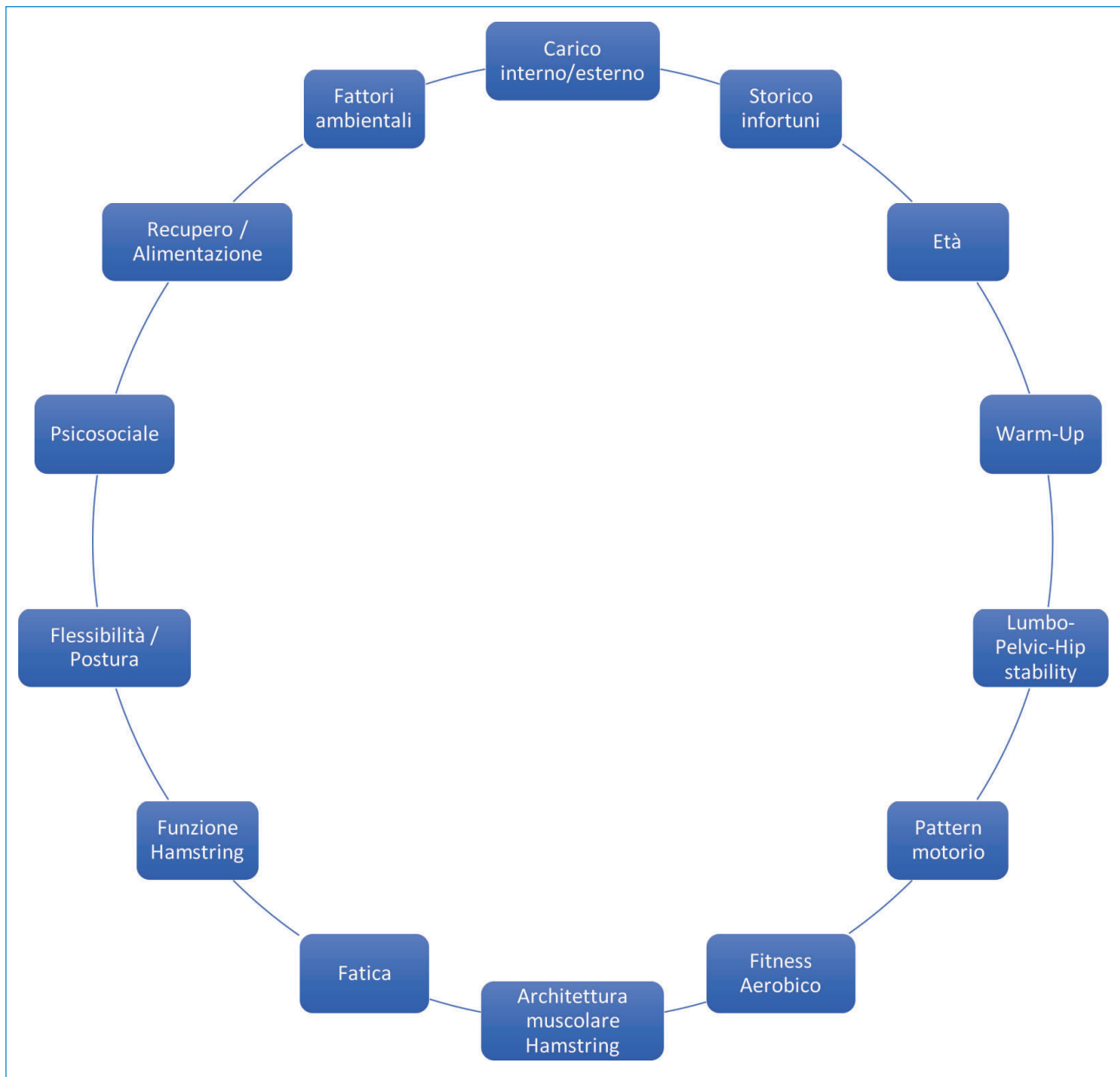


Grafico 1 - Diagramma dei fattori di rischio che dobbiamo prendere in considerazione per un programma di prevenzione infortuni degli Hamstring⁷.

sprint. Infatti, i muscoli posteriori della coscia, se precedentemente lesi, esprimono un deficit del 30% nello sviluppo eccentrico della forza al momento del ritorno allo sport dopo HSI¹⁷.

- 2) Una scarsa coordinazione inter- e intramuscolare può comportare un'insufficiente espressione della forza. Un'attivazione di forza non ottimale dei muscoli stabilizzatori, può com-

portare il reclutamento compensativo degli agonisti e degli antagonisti per la stabilità articolare dinamica. Ciò comporterebbe un *output* di forza errato¹⁸.

Ricerche e studi scientifici ci consigliano di intraprendere un percorso più globale al rinforzo dei muscoli posteriori della coscia¹⁹, che riconosce la

necessità di una funzione ottimale degli Hamstring (forza massima ed esplosiva attraverso il profilo forza-velocità, bilanciando l'attenzione su esercizi isometrici e azioni eccentriche/concentriche). Sebbene gli esercizi isometrici²⁰ siano forse meno compresi e ricercati degli esercizi eccentrici, le prove basate sulla pratica hanno visto un grande spostamento verso questo metodo negli ultimi anni inserendolo nei vari programmi di prevenzione. Inoltre, è importante riconoscere la necessità di una sufficiente flessione di entrambe le ginocchia e di una sufficiente forza dei flessori dell'anca. Adattamenti morfologici simili (forza eccentrica degli Hamstring e aumento di lunghezza del BFIh) sono stati riscontrati in esercizi di forza anca dominanti e ginocchio dominanti per i muscoli posteriori della coscia¹².

È consigliabile utilizzare anche il mezzo della corsa, in quanto è vero che esiste una ricerca limitata sugli adattamenti degli Hamstring allo *sprint running*, ma ricerche recenti indicano che il raggiungimento di velocità di picco nell'allenamento, non sia associato con un rischio di infortunio. Monitorando il carico esterno dei giocatori, è stato dimostrato che esporli a forti e rapidi aumenti delle distanze HSR (*High Speed Running*) e a un volume di lavoro al di sopra delle loro condizioni abituali, ha aumentato le probabilità di infortunio²¹.

Il *Romanian Deadlift* (RDL) (Fig.1) è il principale esercizio anca-dominante, passando da bilaterale a unilaterale, aumentando il reclutamento del gruppo muscolare leso, mirando all'asimmetria della forza dell'estensore dell'anca²².

Tab. 1 - Esempio di progressione di esercizi isometrici²².

ISOMETRICS EXERCISE	
Bilateral Isometric Hip Extension	Unilateral Isometric Hip Extension
*Bodyweight	*Bodyweight
*Loaded	*Loaded
*Perturbation	*Perturbation
Elastic (extend+retract)	Elastic (extend+retract)
Resisted Rotation	Lateral Rotation
	Resist Medial Rotation
	Resist Lateral Rotation

3-4sets of 1-6reps – 3/5" TUT (Time Under Tension)
 *Cluster → 5x5 - 10" TUT – 15"rest /2' rest on sets

Tab. 2 - Esempi di progressione di esercizi di forza²².

STRENGTH EXERCISE			
HIP DOMINANT	KNEE DOMINANT	HIP DOMINANT	KNEE DOMINANT
Kettlebell RDL	Sliding Leg Curl (Eccentric only)	Bilateral Heel Elevated Hip Thrust	Split Squat
Barbell RDL	Sliding Leg Curl (Ecc/Conc)	Single-Leg Heel Elevated Hip Thrust	Barbell Split Squat
Overspeed RDL (reactive)	Sliding Leg Curl with adduction	Heel Elevated Hip Thrust Variations (proximal resistance)	Barbell Reverse Lunge
Kettlebell Single Leg RDL	Sliding Single Leg Curl (Eccentric only)	Heel Elevated Hip Thrust Variations (variable resistance)	Barbell Reverse Lunge to Box
Barbell Single Leg RDL	Sliding Single Leg Curl (Ecc/Conc)		Barbell Split Squat Jump to Box

3-4sets of 1-6reps
 N.B. Overload to injured side (3/2 or 4/2)s



Fig. 1 - Romanian Deadlift.

Una volta che lo *Sliding Leg Curl* (Fig.2) è passato da bilaterale a unilaterale, possiamo introdurre il *Nordic Hamstring* (NH) (Fig.3) sempre tenendo in considerazione il carico dell'atleta. Vi sono prove evidenti in letteratura che i programmi di allenamento che includono questo esercizio, riducono il rischio di lesioni agli Hamstring del 65-70% rispetto a normali programmi di allenamento^{13,23}. Il *Reverse Lunge* (Fig.4) invece è il principale esercizio unilaterale dominante sul ginocchio



Fig. 2 - Sliding Leg Curl.



Fig. 3 - Nordic Hamstring.



Fig. 4 - Reverse Lunge.

per sviluppare la forza di estensione del ginocchio / dell'anca, con un focus sulla meccanica di accelerazione, fornendo una base per varianti più avanzate²².

2. Ottimizzare l'equilibrio dell'allenamento: monitorare attentamente i giocatori e garantire strategie di recupero ottimali

Forse l'elemento più importante nella prevenzione degli infortuni nel calcio d'élite risiede nella gestione ottimale del carico esterno.

La storia recente ci permette di avere a disposizione una tecnologia molto evoluta e sempre in via di miglioramento con sistemi GPS (*Global Position System*) e sistemi di *Match Analysis* sempre più dettagliati e precisi. Questi sono frutto della Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport applicata al calcio, e come tali vanno interpretati. Gabbett (2016), afferma che agendo sulla forza e sulla velocità, cambiano i livelli di potenza erogata. Ciò vuol dire quindi che, cambiando ad esempio spazi di esercitazioni di gioco (oltre al numero di giocatori, regole,...) cambia anche la potenza²⁴.

Esistono due tipologie di carico esterno:

- ATL (*Acute Training Load*): Media mobile del carico di lavoro degli ultimi 7 giorni.
- CTL (*Chronic Training Load*): Media mobile del carico di lavoro degli ultimi 42 giorni.

Quindi se devo calcolare per la mia squadra e per il singolo atleta tale relazione, non farò altro che prendere la media mobile della distanza percorsa ad accelerazioni ad altissima intensità $> 3\text{m/s}^2$ o delle decelerazioni $< -3\text{m/s}^2$ o della distanza percorsa ad altissima intensità $> 20\text{Km/h}$ o la somma della Scala RPE degli ultimi 7 / 42 giorni a seconda del *training load*.

Il rapporto ATL/CTL permette di stabilire il rischio di infortunio per il singolo giocatore e per tutta la squadra. Se questo è compreso tra 0,8 e 1,3 è basso, di contro se è > di 1,5 il rischio di infortunio sarà molto più elevato.

Va tenuta in considerazione anche la differenza di incremento del carico di lavoro da una settimana a quella successiva: secondo i dati della letteratura l'incremento deve essere compreso tra il 10-15% per non incorrere in rischi maggiori di infortunio²⁴.

Piggot *et al.* (2009) hanno evidenziato che il 40% di infortuni muscolari sono associati ad un cambiamento rapido del *training load* (>10%) rispetto alla settimana precedente. Quando il *training load* (TL) incrementa del 15% rispetto alla settimana precedente il rischio di infortunio aumenta tra il 21 e il 49%. Per minimizzare questi rischi il carico settimanale deve essere non superiore al 10% della settimana precedente²⁵.

Alcune ricerche hanno indicato che carichi di lavoro acuti e accumulati erano associati a un maggior rischio di infortunio, mentre aumenti progressivi del carico di lavoro in maniera cronica possono sviluppare la tolleranza fisica dei giocatori a carichi acuti più elevati e la resilienza al rischio di infortunio²⁶.

3. Attuare un programma di stabilità dell'anca

Anche se il suo uso è stato recentemente messo in discussione a causa di una quantità molto ridotta di prove, nello sport d'élite è ampiamente diffuso che l'allenamento della stabilità dell'anca lombo-pelvica è importante nella prevenzione degli Hamstring²⁷.

In base alla ricerca scientifica, all'esperienza positiva e al collegamento con altre lesioni²⁸, è consigliabile la sua inclusione come parte di un programma preventivo per gli HSI.

Il bacino è il principale responsabile del trasferimento del carico tra gli arti inferiori e la colonna vertebrale²⁹, quindi un movimento pelvico errato, come l'inclinazione pelvica anteriore (tilt del bacino) o il movimento eccessivo del tronco durante uno sprint, possono aumentare il rischio di HSI^{30,31,32}.

Le asimmetrie di lunghezza delle gambe sono associate a una rotazione ossea³², e un'asimmetria superiore a 1,8 cm è collegata a un rischio quadruplicato di HSI³³.

Un'inclinazione pelvica anteriore non controllata durante la corsa dello sprint può provocare un notevole allungamento degli Hamstring, aumentando così la tensione sulla BFIh nella fase terminale dell'oscillazione³⁴.

Comerford e Mottram offrono un quadro per la valutazione e la riqualificazione del movimento non controllato, quando applicato al complesso lombo-pelvico dell'anca³⁵. Ciò offre un approccio logico basato sul sistema che può aiutare il professionista a stabilire il sito e la direzione del movimento incontrollato in situazioni di basso/alto carico.

4. Sviluppare il condizionamento fisico dei giocatori

Esistono prove che indicano un ruolo importante del condizionamento fisico del giocatore nel ridurre il rischio di lesioni. In una vasta gamma di sport, compreso il calcio, gli atleti con qualità fisiche superiori sono più resistenti alle lesioni^{36,37,38}. Inoltre, l'implementazione dell'allenamento della forza ha dimostrato di ridurre il rischio di infortuni³⁹. Un carico elevato è associato a un infortunio²⁴, ma quegli atleti che sono più forti e hanno un'attività metabolica superiore sono in grado di tollerare un carico esterno elevato³⁷.

Un test da campo molto utile che si avvicina alle prestazioni richieste nel calcio è lo *Yo-Yo Intermittent Recovery Test* (Livello 1). Questo è un test di potenza aerobica dove il giocatore, dopo una navetta di 20mt (2x20mt) ha una pausa attiva di 10". La velocità aumenta a intervalli prestabiliti secondo il protocollo di Jens Bangsbo, fino a che l'atleta non è in grado di continuare⁴⁰.

Ottimale sarebbe quello di includere un approccio generale di forza e condizionamento sia per l'ottimizzazione delle prestazioni che per la riduzione del rischio di infortuni.

Spesso l'allenamento specifico e il *match* forniscono uno stimolo sufficiente per l'adattamento e il mantenimento della componente metabolica. Tuttavia, è importante monitorare le risposte delle risorse dei giocatori all'allenamento e, ove necessario, fornire un ulteriore condizionamento *off-season*.

Il condizionamento *off-season* è importante anche per il giocatore con una compromissione del carico (ad es. giocatori con un alto rischio di infortunio, che hanno una lunga storia di infortunio o un giocatore che ritorna da un infortunio e,

di solito, con un carico di allenamento inferiore) nel ridurre il rischio di infortunio⁷.

5. Focus sulla qualità del movimento

È consigliabile migliorare sempre il *pattern* di movimento per gli esercizi fondamentali (*squat*, *lunge*, *step*, *deadlift*, salto). Tali movimenti devono essere eseguiti in diverse direzioni, a diverse velocità e con diversi tempi di volo per migliorare il movimento atletico e ridurre il rischio di potenziali lesioni⁴¹. La pratica del movimento atletico sfida la coordinazione, il *timing*, il controllo neuromuscolare ed è associata a una maggiore capacità di esprimere e applicare la forza in modo funzionale¹⁸.

Programmi che includono il movimento atletico eseguito con una buona tecnica e ripetizione, possono migliorare il controllo e la sequenza neuromuscolare.

Queste qualità possono essere allenate in vari modi come parte del riscaldamento sul campo, sessioni di sviluppo fisico in palestra e sessioni di pre-attivazione prima di un allenamento regolare basato sulle abilità.

Un approccio graduale che si basa su una buona tecnica a velocità più basse e compiti semplici, stabilisce una competenza di base che supporta lo sviluppo della velocità e della complessità dell'esercizio, sfidando ulteriormente lo sviluppo neuromuscolare di forza, controllo e sequenziamento all'interno di attività atletiche, che la letteratura ritiene per ottenere un miglioramento delle prestazioni e per la prevenzione degli infortuni⁷.

Aneddoticamente, queste abilità aiutano naturalmente lo sviluppo di programmi di accelerazione e velocità lineari e sembrano migliorare la posizione pelvica dell'anca, nonché la posizione degli arti superiori e inferiori.

Va notato tuttavia che sono orientati verso il movimento orizzontale del piano sagittale e che gli sport basati sul campo (che sono intrinsecamente multidirezionali in natura) richiedono supporto in questo approccio con esercitazioni di qualità del movimento che sviluppino salto, atterraggio, decelerazione e cambio di direzione.

CONCLUSIONI

Indagini sulle pratiche di prevenzione degli infortuni tra il personale medico e lo staff nello sport d'élite, suggeriscono che molti club sportivi inve-

stano sforzi economici significativi nel recupero da un infortunio.

A riferimento di questo, l'ultima stagione di Premier League inglese 2018-2019 ha avuto un totale di 764 infortuni (il più alto degli ultimi otto anni), con il costo record di 221 milioni di sterline, il 3% in più rispetto alla stagione precedente.

Questo articolo rappresenta una strategia in cinque punti chiave per prevenire gli HSI:

- Forza: scelta corretta degli esercizi da proporre e giusta esecuzione da parte dell'atleta.
- *Training Load*: ATL + CTL.
- *Hip Stability*: inserimento anche di esercizi di *Core* nei programmi di prevenzione.
- Aumento della performance.
- Giusti *pattern* di movimento.

L'incremento degli HSI, è probabile che sia in parte dovuto alla raccomandazione di un approccio *mono*-fattoriale, invece che a un complesso problema *multi*-fattoriale.

Gli ultimi studi a riguardo, ci suggeriscono che è necessario un approccio generale che traduca le conoscenze esistenti sul rischio di infortunio sugli HSI e le applichi a un contesto calcistico.

È possibile affermare che elevati carichi di allenamento sono associati ad un maggior rischio di infortuni, ma rapidi ed eccessivi aumenti dei carichi sono più rischiosi.

È quindi importante che professionisti del settore e preparatori atletici considerino gli HSI come parte di una strategia di prevenzione globale e, dove possibile, trattare il singolo giocatore personalmente.

BIBLIOGRAFIA

1. Arnason A., Sigurdsson S.B., Gudmundsson A., et al., *Risk factors for injuries in football*, Am J Sports Med 2004; 32: 5-16.
2. Ekstrand J., Hägglund M., Waldén M., *Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer)*, Am J Sports Med 2011; 39: 1226-1232.
3. Askling C.M., Tengvar M., Saartok T., et al., *Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings*, Am J Sports Med 2007; 35: 197-206.
4. Askling C.M., Tengvar M., Thorstensson A., *Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols*, Br J Sports Med 2013; 47: 953-959.
5. Hernandez-Sanches S., Korakakis V., Malliaropulos N., et al., *Validation study of the Functional Assessment Scale for Acute*

- Hamstring injuries in Spanish professional soccer players*, Clinical Rehabilitation 2019 Apr; 33(4): 711-723.
6. Valle X., Johannes L. Tol., Hamilton B., et al., *Hamstring Muscle Injuries, a Rehabilitation Protocol Purpose*, Asian J Sports Med 2015 Dec; 6(4): e25411.
 7. Buckthorpe M., Wright S., Bruce-Low S., et al., *Recommendation for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice*, Br J Sports Med 2019; 53: 449-456.
 8. Mendiguchia J., Alentorn-Geli E., Brughelli M., *Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction?*, Br J Sports Med 2012; 46: 81-85.
 9. Askling C.M., Tengvar M., Saartok T., et al., *Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching: clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics*, Am J Sports Med 2007; 35: 1716-1724.
 10. Bittencourt N.F.N., Meeuwisse W.H., Mendonça L.D., et al., *Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition narrative review and new concept*, Br J Sports Med 2016; 50: 1309-1314.
 11. Verhagen E., Van Dyk N., Clark N., et al., *Do not throw the baby out with the bathwater; screening can identify meaningful risk factors for sports injuries*, Br J Sports Med 2018 Oct; 52(19): 1223-1224.
 12. Bourne M.N., Duhig S.J., Timmins R.G., et al., *Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention*, Br J Sports Med 2017; 51: 469-477.
 13. Goode A.P., Reiman M.P., Harris L., et al., *Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis*, Br J Sports Med, 2015 Mar; 49(6): 349-356.
 14. Potier T.G., Alexander C.M., Seynnes O.R., *Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement*, Eur J Appl Physiol 2009; 105: 939-944.
 15. Seymore K.D., Domire Z.J., DeVita P., et al., *The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength*, Eur J Appl Physiol 2017; 117: 943-953.
 16. Timmins R.G., Bourne M.N., Shield A.J., et al., *Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study*, Br J Sports Med 2016; 50: 1524-1535.
 17. Opar D.A., Williams M.D., Timmins R.G., et al., *Rate of torque and electromyographic development during anticipated eccentric contraction is lower in previously strained hamstrings*, Am J Sports Med 2013; 41: 116-125.
 18. Buckthorpe M.W., Erskine R., Fletcher G., et al., *Neural adaptations explain the task specificity of strength changes after resistance training*, Scand J Med Sci Sports 2015; 25: 640-649.
 19. Oakley A.J., Jennings J., Bishop C.J., *Holistic hamstring health: not just the Nordic hamstring exercise*, Br J Sports Med 2018; 52: 816-817.
 20. Van Hooren B., Bosch F., *Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? Part II: Implications for exercise*, J Sports Sci 2017; 35: 2322-2333.
 21. Duhig S., Shield A.J., Opar D., et al., *Effect of High-Speed running on hamstring strain injury risk*, Br J Sports Med 2016; 50: 1536-1540.
 22. Taberner M., Cohen D.D., *Physical preparation of the football player with an intramuscular hamstring tendon tear: clinical perspective with video demonstration*, Br J Sports Med 2018; 52: 1275-1278.
 23. Petersen J., Thorborg K., Nielsen M.B., 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 Nov; 39(11): 2296-2303.
 24. Gabbett T.J., *The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?*, Br J Sports Medicine 2016; 50: 273-280.
 25. Piggott B., Newton M.J., McGuigan M.R., *The relationship between training load and incidence of injury and illness over a pre-season at an Australian football league club*, Journal of Australian Strength and Conditioning 2009; vol. 17, n. 3, 4-17.
 26. Malone S., Roe M., Doran D.A., et al., *High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football*, J Sci Med Sport 2017 Mar; 20(3): 250-254.
 27. Shield A.J., Bourne M.N., *Hamstring injury prevention practices in elite sport: Evidence for eccentric strength vs. Lumbo-pelvic training*, Sports Med 2018; 48: 513-524.
 28. Huxel Bliven K.C., Anderson B.E., *Core stability training for injury prevention*, Sports Health 2013; 5: 514-522.
 29. Lee D.G., Lee L.J., Saunders W.B., *An integrated, multimodal approach to the treatment of pelvic girdle pain and dysfunction*, Treatment of Pathology and Injuries 2000; III: 473-484.
 30. Chumanov E.S., Heiderscheit B.C., Thelen D.G., *The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting*, J Biomech 2007; 40: 3555-3562.
 31. Schuermans J., Van Tiggelen D., Palmans T., et al., *Deviating running kinematics and hamstring injury susceptibility in male soccer players: Cause or consequence?*, Gait Posture 2017; 57: 270-277.
 32. Sherry M.A., Best T.M., *A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains*, J Orthop Sports Phys Ther 2004; 34: 116-125.
 33. Cummings G., Scholz J.P., Barnes K., *The effect of imposed leg length difference on pelvic bone symmetry*, Spine 1993; 18: 368-373.
 34. Fousekis K., Tsepis E., Poulmedis P., et al., *Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players*, Br J Sports Med 2011; 45: 709-714.
 35. Comerford M.J., Mottram S.L., *Movement and stability dysfunction – contemporary developments*, Man Ther 2001; 6: 15-26.
 36. Gabbett T.J., Ullah S., Finch C.F., *Identifying risk factors for contact injury in professional rugby league players – application of a frailty model for recurrent injury*, J Sci Med Sport 2012; 15: 496-504.
 37. Malone S., Hughes B., Doran D.A., et al., *Can the workload-injury relationship be moderated by improved strength, speed and repeated-sprint qualities?*, J Sci Med Sport 2018 Jan; 22(1): 29-34.
 38. Malone S., Roe M., Doran D.A., et al., *Protection against spikes in workload with aerobic fitness and playing experien-*

- ce: the role of the acute/chronic workload ratio on injury risk in elite gaelic football, *Int J Sports Physiol Perform* 2017; 12: 393-401.
39. Lauersen J.B., Bertelsen D.M., Andersen L.B., *The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials*, *Br J Sports Med* 2014; 48: 871-877.
40. Ferretti F., Arcelli E., Bisciotti G.N., et. al., *L'allenamento fisico nel calcio: concetti e principi metodologici*, Ed. Correre, Milano, 2011.
41. Malliaropoulos N., Mendiguchia J., Pehlivanidis H., et al., *Hamstring exercises for track and field athletes: injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention*, *Br J Sports Med* 2012; 46: 846-851.

CORRISPONDENZA:

Alessio Orsini

Centro di Medicina Riabilitativa Sport and Anatomy - Università di Pisa

Via di Gargalione 25 56121 Pisa - Italy

Tel.: +39 348 9197437

Email: alessio.orsini@unipi.it