

GLI EFFETTI DI UN PROTOCOLLO DI ALLENAMENTO DI FORZA ECCENTRICA SUL RISCHIO DI INFORTUNIO AGLI HAMSTRING NELLE DISCIPLINE DI CORSA VELOCE DELL'ATLETICA LEGGERA

SANNICARDOO I., MOSCATELLI F., ROSA A.R., PICCINNO A.
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELLE ATTIVITÀ MOTORIE E SPORTIVE-UNIVERSITÀ DI FOGGIA-ITALIA

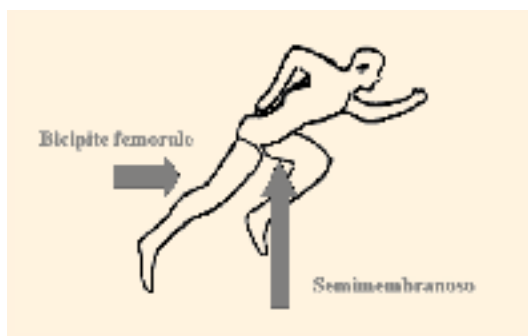
Il rischio di infortunio agli hamstring caratterizza non solo i praticanti le discipline di corsa veloce dell'atletica leggera, ma anche tutti gli sportivi che ricorrono a tale gestualità nell'ambito del rispettivo modello di prestazione (Woods et al., 2004; Yeung et al., 2009; Sannicandro et al., 2011). In alcuni studi, per tale ragione, gli insulti traumatici dei muscoli ischiocrurali sono stati definiti come gli infortuni più comuni nello sport (Petersen & Holmich, 2005). Per altri Autori le lesioni agli hamstring a seguito di contrazioni rapide, oltre che negli sport che prevedono azioni di sprint, riguardano anche discipline sportive che prevedono salti (Yeung et al., 2009; Woods et al., 2004; Arnason et al., 2004; Askling et al., 2003; Orchard & Seward, 2002). Dal punto di vista epidemiologico, proprio per tali motivi, gli infortuni agli hamstring rappresentano il 50% di tutte le lesioni dello sprinter (Arge, 1985) e il 40% (Ekstrand & Gillquist, 1983) o addirittura il 62% della traumatologia del calciatore (Woods et al., 2004). Dall'osservazione degli infortuni e dalla loro descrizione appare chiaro come tale infortunio si verifichi durante un'accelerazione o durante una corsa alla massima velocità (Sherry & Best, 2004; Woods et al., 2004). Pur in considerazione della multifattorialità che caratterizza l'eziologia dei traumi muscolari, e di quella degli hamstring in modo particolare, la vulnerabilità di tale distretto sembra essere attribuibile sostanzialmente alla loro natura bi-articolare, che li espone ad elevati rischi durante imponenti contrazioni eccentriche che impongono brusche elongazioni sia sulla parte prossimale che su quella distale, come per esempio nello slancio dell'arto inferiore in avanti associato

ad una flessione del busto in avanti (Brockett et al., 2004). Si è visto che gli infortuni coinvolgono principalmente le fibre di tipo II dopo attività eccentriche intense come quelle che si verificano durante la corsa (Brockett et al., 2002; Lieber & Friden, 1988). Una forte contrazione eccentrica degli ischio crurali avviene nella parte finale della fase di oscillazione della gamba nella falcata quando gli stessi rallentano la flessione dell'anca e l'estensione del ginocchio (Montgomery et al., 1994); questa si pensa essere la situazione più comune di insorgenza degli infortuni (Verrall et al., 2001).

L'incidenza di infortuni riguardanti gli hamstring è stata oggetto di studio di vari ricercatori, i quali hanno sperimentato diversi protocolli di training al fine di ridurre i traumi a carico di questo distretto muscolare. Questi protocolli, in virtù del potenziale ruolo lesivo delle contrazioni eccentriche (Askling et al., 2003), hanno previsto lo sviluppo della forza degli ischiocrurali attraverso esercitazioni di tipo eccentrico con l'obiettivo di adattare meglio il distretto muscolare in questione. In tutti questi studi, condotti sia su velocisti che su calciatori, l'incidenza degli infortuni è risultata essere più bassa rispetto ai gruppi di controllo che non adottavano tale regime di contrazione muscolare in maniera specifica durante le sedute di allenamento (Arnason et al., 2008; Clark et al., 2005; Mjølshes et al., 2004; Andersen et al., 2004; Arnason et al., 2004a; Askling et al., 2003; Brockett et al., 2001).

Per altri Autori invece è lo squilibrio muscolare tra quadricipite e ischiocrurali ad essere il maggior imputato nella ricerca dei fattori predisponenti: un rapporto inferiore a 0,60-0,50 tra hamstring e qua-

dricipite potrebbe esporre l'atleta ad un rischio di infortunio fino a 17 volte maggiore (Yeung et al., 2009). *L'analisi funzionale delle modalità di attivazione neuromuscolare dei vari gruppi muscolari durante la corsa, ci rivela due diversi locus del danno a carico degli ischiocrurali contraddistinti da due differenti momenti della meccanica di corsa. Il bicipite femorale è più vulnerabile nella fase di spinta, con ginocchio e anca estesi, durante un tipo di attivazione eccentrica; mentre il semimembranoso conosce il suo momento di rischio durante la fase finale della flessione della coscia sul bacino nel corso di una contrazione di tipo concentrico (Elliot & Blanksby, 1979).*



Questi dati hanno messo in risalto l'importanza delle esercitazioni preventive all'interno della programmazione dell'allenamento in quanto, da un lato possono ridurre l'incidenza degli infortuni e, dall'altro, consentono di eliminare o ridurre i giorni di interruzione dall'attività sportiva, favorendo così indirettamente la possibilità di incrementare le performance.

Lo scopo di questo studio è quello di verificare gli effetti di un protocollo di training di forza in regime di contrazione eccentrica sulla prevenzione degli infortuni muscolari al distretto degli hamstrings, nelle discipline di corsa veloce dell'atletica leggera.

■ MATERIALI E METODI

Lo studio è stato condotto su un campione di atleti praticanti le specialità di velocità dell'atletica leggera ($n=22$), appartenenti alla categoria assoluta e di livello nazionale. Dal campione iniziale, nel corso dello studio, sono stati esclusi 2 soggetti a causa di problemi fisici di diversa natura che hanno costretto due atleti a interromper la stagione agonistica.

Il campione di 22 atleti aveva un'età media di $26.5 \pm 4,5$ anni, un'altezza media di $181,5 \pm 7,5$ cm, e un peso medio di 74 ± 5 kg.

Il campione di 20 atleti è stato suddiviso random in due gruppi da 10 unità ciascuno, in modo tale da



avere un gruppo sperimentale (G.S.) e un gruppo di controllo (G.C.).

■ PROTOCOLLO

Prima di iniziare questa sperimentazione è stato sottoposto un questionario a 67 atleti al fine di conoscere la reale incidenza di questa tipologia di infortuni per le discipline di corsa veloce dell'atletica leggera. Il questionario (Junge et al., 2008) è stato opportunamente modificato per adattarsi alle esigenze dello studio preliminare condotto.

Il periodo di osservazione è stato di 3 mesi intenzionalmente individuati nel periodo maggio-luglio, che coincide con quello agonistico nel quale proprio per l'approssimarsi delle gare gli atleti riducono i volumi di training per incrementare l'intensità degli stessi e utilizzare esercitazioni di tipo speciale, sempre più vicine a quelle di gara.

Per tutti gli atleti sottoposti ad analisi sono state annotate tutte le sessioni di training, con particolare riferimento a tipologia di seduta e volume della stessa.

Il GC ha seguito la tradizionale preparazione atletica destinata ai velocisti, mentre il G.S., oltre la consueta preparazione, ha introdotto una serie di esercizi supplementari orientati sulla forza eccentrica degli hamstring (variabile indipendente) per tutta la durata del periodo di training (3 mesi, marzo-maggio) e con cadenza bisettimanale.

Si è rilevato il numero di infortuni per i due gruppi, ed è stato rapportato alle ore di allenamento/gara (n. infortuni/1000 ore di allenamento/gara)

secondo quanto previsto dalla letteratura specifica (Watson 1993).

Per attività di gara è stato altresì conteggiato anche il tempo trascorso per il warm-up di preparazione alla gara stessa.

In accordo con quanto indicato in letteratura, non sono stati differenziati i volumi di attività destinati al training e quelli destinati alle gare, perché di difficile quantificazione nelle specialità di atletica leggera (Yeung et al., 2009).

Per ciascun infortunio è stata osservata anche l'entità dello stesso attraverso la rilevazione del numero di giorni di assenza dalle sessioni di training. Gli infortuni sono stati diagnosticati tramite ecografia, o tramite risonanza magnetica dal personale medico. Di seguito si riporta il protocollo di allenamento seguito dal GS ed articolato nei tre mesi di allenamento che ha tenuto conto della differente programmazione prevista nei mesi di solo training ed in quello in cui sono state svolte anche le gare.

Primo mese, Marzo:

1. Leg curl concentrico/eccentrico, 3x12 ad 30% 1RM, rec.2'
2. Nordic Hamstring ,3x8 rec 2'

Secondo mese, Aprile:

1. Leg curl concentrico/eccentrico, 3x12 ad 40%1RM, rec 2'
2. Eccentrico flash, 10rip. x 2

Terzo mese, Maggio:

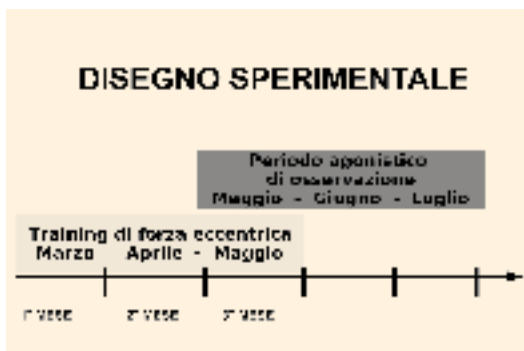
1. Slanci della gamba a ginocchio teso e piede a martello 3x12xgamba+ calciata rapida 10 toccate rec 2'
2. Eccentrico flash, 10 rip.x2 (Bisciotti 2001)

ANALISI STATISTICA

È stato utilizzato il test del χ^2 per verificare se esiste un legame tra la tendenza degli infortuni e i due diversi protocolli di training (tab. 1). Per verificare se esiste una relazione tra l'incidenza degli infortuni e il protocollo di training i dati sono stati elaborati anche mediante il test Phi (tab. 2).

RISULTATI

I risultati del test χ^2 non hanno evidenziato alcun legame tra la tendenza degli infortuni e i due diversi protocolli di training $\chi^2(1, N =2) = 2.000$,



	Value	Df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	2,000 (b)	1	,157	1,000	,500
Continuity Correction (a)	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	2,773	1	,096	1,000	,500
Fisher's Exact Test				1,000	,500
N of Valid Cases	2				

(a) Computed only for a 2x2 table - (b) 4 cells (100,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,50.

Tab. 1- Chi-Square Tests.

	Value (a)	Approx. Sig.	
Nominal by Nominal	Phi	-1,000	,157
	Cramer's V	1,000	,157
N of Valid Cases		2	

(a) Not assuming the null hypothesis. - (b) Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

Tab. 2 - Symmetric Measures

$p = 0.157$ ma il valore del test Phi ottenuto ($\chi = -1.000$) indica che esiste una forte relazione negativa tra la tendenza degli infortuni e i due diversi protocolli di training.

I risultati possono essere sintetizzati in relazione alla differente incidenza traumatica e in riferimento al parametro delle 1000 ore di attività/gara.

■ INCIDENZA TRAUMATICA NEI DUE GRUPPI

Tra i due gruppi (G.S. e G.C.), nel periodo compreso tra Maggio e Luglio, si sono verificati 7 infortuni ai muscoli ischio-crurali, di cui 5 (71,42%) tra atleti che facevano parte del gruppo di controllo e 2 (28,57%) tra gli atleti del gruppo sperimentale (Grafico 1), evidenziando una differente incidenza traumatica pari al 42,85%.

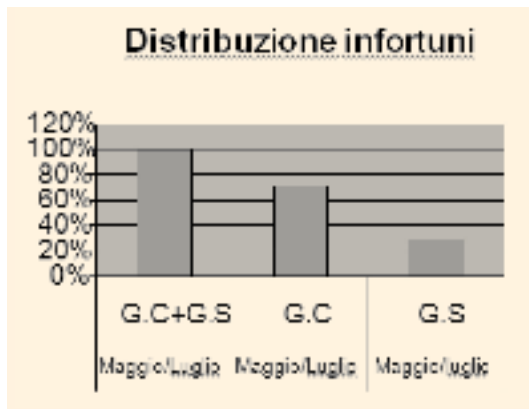


Grafico 1. Il grafico mostra le differenze di infortuni tra i due gruppi osservati ed in relazione al numero totale rilevato.

È stato altresì riportato l'andamento degli infortuni e la frequenza degli stessi all'interno del periodo di osservazione (Grafico 2).

Osservando l'andamento totale degli infortuni dei due gruppi ($n=7$), notiamo che:

1. nei mesi di Maggio e Giugno si sono verificati 6 infortuni (85,71%);

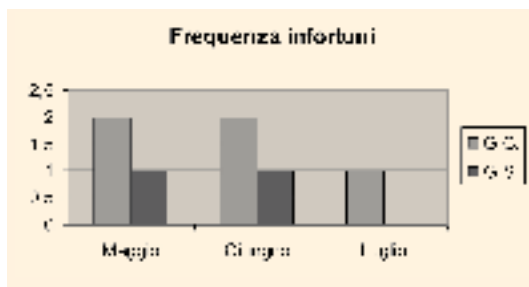


Grafico 2. Frequenza degli infortuni

2. nel mese di Luglio si è verificato un solo infortunio (14,29%) di un atleta facente parte del G.C.;
3. dei 6 infortuni verificatisi tra Maggio e Giugno, 4 sono di atleti facenti parte del gruppo di controllo (66,66%), e 2 di atleti facenti parte del gruppo sperimentale (33,33%);
4. l'incidenza del rischio di infortuni nei mesi di Maggio e Giugno è stata maggiore del 50% nel G.C.

■ RISCHIO DI INFORTUNIO

Durante il periodo di osservazione (Maggio-Giugno-Luglio) la media delle ore di allenamento è stata di 2,2h/giorno, per un totale di 66 giorni, sia per gli atleti facenti parte del G.C. che per gli atleti facenti parte del G.S..

L'incidenza degli infortuni degli atleti facenti parte del G.S. rilevata nel periodo di osservazione Maggio/Luglio, è stata di 1,37, mentre quella degli atleti facenti parte del G.C., sempre nel medesimo periodo, è risultata essere 3,44 (Hopkins et al. 2007; Bahr, Holme 2003).

È stato inoltre calcolata la probabilità degli infortuni (Odds of Injury), che si ottiene dal rapporto tra l'incidenza degli infortuni dei due gruppi, G.S./G.C. che risulta essere di 0,95 (Shrier 2007) (Grafico 3).

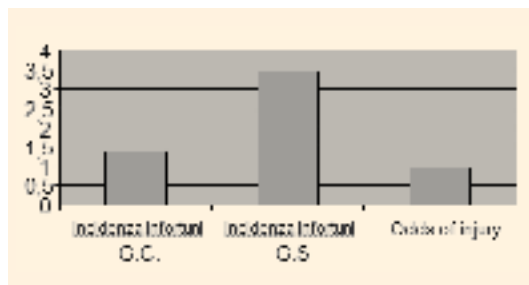


Grafico 3.

■ DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Lo studio si prefiggeva di verificare l'efficacia in termini preventivi di un protocollo di training di forza eccentrica per il distretto muscolare degli hamstring in atleti praticanti discipline di corsa veloce dell'atletica leggera.

I risultati del test χ^2 non hanno evidenziato alcun legame tra l'incidenza degli infortuni e i due diversi protocolli di training $\chi^2(1, N = 2) = 2.000$, $p = 0.157$ ma il valore del test Phi ottenuto ($\chi = -1.000$) indica che esiste una forte correlazione inversa tra l'incidenza degli infortuni e il protocollo di training adottato.

Pur non emergendo una differenza statisticamente



significativa tra i valori dei due differenti gruppi (il test χ^2 non restituisce alcuna significatività), l'indice del test phi (-1) induce a pensare che vi sia un forte legame inversamente proporzionale tra incidenza degli infortuni e variabile indipendente introdotta (training eccentrico).

Dai dati ottenuti è emerso che il GS ha evidenziato un'incidenza di traumi muscolari agli hamstring pari alla metà di quelli ottenuti dal GC (33,33% versus 66,66%).

Se si esaminano gli indici del rischio di infortunio nel periodo considerato emerge un valore pari 2,41/1000h di allenamento-gara se si considera la totalità del campione, ma emerge immediatamente come tale rischio sia di 1,37/1000h per il GS e ben 3,44/1000h per il GC, valore che risulta essere più del doppio di quello del GS.

Se si confrontano gli indici del rischio di infortunio ottenuti nello studio con quelli individuati in letteratura emerge che il protocollo individuato determina una riduzione del rischio di infortunio in maniera sovrapponibile ad altri protocolli previsti per gli sport di squadra (Verrall et al., 2005); viceversa, si colloca al di sopra dei valori rilevati in uno studio prospettico su sprinter (Yeung et al., 2009). In quest'ultimo lavoro è emerso come il valore del rischio di infortunio si attesti a 0,87/1000h di attività (Yeung et al., 2009).

Lo studio permette di suggerire che il training di forza eccentrica possa essere un utile elemento di

integrazione della consueta routine di allenamento anche in atletica leggera, così come è stato ampiamente dimostrato in letteratura allenamento (Arnason et al., 2008; Clark et al., 2005; Mjølshes et al., 2004; Andersen et al., 2004; Arnason et al., 2004a; Askling et al., 2003; Brockett et al., 2001).

■ CONCLUSIONI

Alla luce della conoscenza dei fattori che predispongono al rischio di infortunio agli hamstring pare opportuno considerare anche il ruolo funzionale assegnato dalla biomeccanica della corsa a tale distretto muscolare che, già per natura, deve rapportarsi con il suo antagonista, il quadricipite, in modo sbilanciato e sfavorevole in termini di produzione di forza (Petersen & Holmich, 2005). La metodologia e la programmazione dell'allenamento devono pertanto considerare l'opportunità di integrare i compiti tradizionali con esercizi più funzionali al modello di prestazione ed al ruolo che tale modello assegna agli hamstring.

L'allenamento di tipo eccentrico viene largamente utilizzato in numerose discipline sportive per i suoi potenziali effetti positivi sia a livello di performance che di prevenzione degli infortuni. La contrazione eccentrica è caratterizzata da un minor costo metabolico se comparata alle contrazioni isometriche o concentriche. Da un punto di vista pratico è interessante notare che anche un allenamento eccentrico di volume decisamente contenuto

agevola gli atleti a sostenere meglio i carichi di lavoro futuri (Rampinini, 2011; Clarkson & Tremblay 1988). Per quanto riguarda l'intensità dell'esercizio la situazione è diversa. Infatti, l'effetto protettivo pare legato alla tipologia di contrazione effettuata (contrazioni eccentriche per prepararsi a sostenere contrazioni eccentriche in futuro) e all'intensità sostenuta nell'allenamento preliminare "protettivo" (Rampinini, 2011).

Il beneficio in termini di riduzione della traumatologia degli ischiocrurali emerso nel presente studio è in linea con quanto già descritto in letteratura, laddove è stato evidenziato come l'allenamento di forza eccentrica sia in grado di migliorare le performance riducendo il rischio di infortunio (Askling et al., 2003).

I risultati di questo studio, pur non essendo confortati dalla significatività statistica, hanno comunque indicato che è possibile orientare le scelte metodologiche in modo che sia possibile per lo meno tendere alla riduzione del rischio di infortunio: aver sostanzialmente dimezzato tale rischio in ambito sportivo riveste infatti un risultato rilevante ai fini della continuità dell'allenamento.

Lo sviluppo della forza, inoltre, dovrebbe tener ben presente il ruolo e la funzione delle catene muscolari perché queste ultime rappresentano veri e propri sistemi in continuità di direzione e di piano attraverso i quali si propagano le forze organizzatrici del corpo intero (Busquet, 1998). In modo particolare, la catena posteriore, è quella maggiormente sollecitata sia dall'attività agonistica che dalla vita di relazione, tendendo a retrarsi (Busquet, 1998).

■ LIMITI DELLA RICERCA

Lo studio presenta alcuni limiti che possono costituire un successivo approfondimento della ricerca: non è stata valutata la flessibilità degli ischiocrurali in termini di range articolare attivo che poteva fornire un'ulteriore informazione circa la capacità di allungamento del distretto muscolare in questione; non è stata valutata la forza eccentrica degli hamstring né attraverso contrazione isocinetica né attraverso contrazione isotonica; non sono state rilevate eventuali asimmetrie anatomiche dell'arto inferiore dei singoli atleti coinvolti.

Un'ulteriore variabile è stata rappresentata dalle superfici di corsa utilizzate dai singoli atleti che sono state molto diverse tra loro, in ragione delle varie esigenze logistiche.

Uno studio successivo potrebbe analizzare tali variabili per verificare il "peso" fattoriale di ciascun elemento.



Bibliografia di riferimento

- Andersen T.E., Tenga A., Engebresten L., Bahr R., *Video analysis of injuries and incidents in Norwegian professional football*, Br. J. Sports Med., 38:626-631. 2004.
- Arge J.C., *Hamstring injuries. Proposed aetiological factors, prevention and treatment*, Sports Med., 2:21-33. 1985.
- Arnason A., Andersen T., Holme I., Engebresten L., Bahr R., *Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study.*, Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports., 18:40-48. 2008.
- Arnason A., Sigurdsson S.B., Gudmundsson A., & all., *Risk factors for injuries in football*, Am J Sports Med., 32:55-16S. 2004.
- Arnason A., Sigurdsson S.B., Gudmundsson A., Holme I., Engebresten L., Bahr R., *Physical fitness, injuries, and team performance in soccer.*, Med. Sci. Sports Exerc., 36:278-285. 2004a.
- Askling C., Karlsson J., Thorstensson A., *Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload*, Scand J. Med. Sci Sports., 13:244-250. 2003.
- Bahr R., Holme I., *Risk factors for sports injuries—a methodological approach*, Br J Sports Med., 37:384-392. 2003.
- Bisciotti G.N., *Allenamento Eccentrico e Prevenzione dei Danni Muscolari*, Ricerca in Scienze dello Sport, 169-170:27-33. 2001.
- Brockett C., Morgan D., Proske U., *Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length.*, Medicine and Science in Sport and Exercise., 33:783-790. 2001.
- Brockett C.L., Morgan D.L., Gregory J.E., Proske U., *Damage to different motor units from active lengthening of the medial gastrocnemius muscle of the cat*, Journal of Applied Physiology, 92:1104-1110. 2002.
- Brockett C.L., Morgan D.L., Proske U., *Predicting hamstring strain injury in elite athletes*, Medicine and Science in Sports and Exercise, 36:379-387. 2004.
- Busquet I., *Le catene muscolari. La pubalgia*, Marrapese Editore, Roma. 1998
- Clark R., Bryant A., Culgan J.P., Hartley B., *The effects of hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implication for the prevention of hamstring injuries.*, Physiol Therapy in Sport., 6:67-73. 2005.
- Clarkson P.M., Temblay I., *Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans.*, J Appl Physiol, 65(1):1-6. 1988.
- Ekstrand J., Gillquist J., *Soccer injuries and their mechanism: a prospective study*, Medicine and Science in Sports and Exercise, 15:267-270. 1983
- Elliot B.C., Blanksby B.A., *The synchronization of muscle activity and body segment movements during a running cycle*, Medicine and Science in Sports and Exercise 11:322-327. 1979.
- Hopkins W.G., Stephen W.M., Kenneth L.Q., Patria A.H., *Risk Factors and Risk Statistics for Sports Injuries*, Clin Sport Med, 17:..... 2007.
- Junge A., Engebresten L., Alonso J.M., Renstrom P., Mountjoy M., Aubry M., Dvorak J., *Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach, Daily injury report for the Olympic Games*, Br J Sports Med, 42:413-421. 2008.
- Lieber R.L., Friden J., *Selective damage of fast glycolytic muscle fibers with eccentric contraction of the rabbit tibialis anterior*, Acta Physiologica Scandinavica, 133:587-588. 1988.
- Mjolsnes R., Arnason A., Osthagen T., Raastad T., Bahr R., *A 10 week randomized trial comparing eccentric exercise vs concentric hamstring strength training in well trained soccer players*, Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports., 14:311-317. 2004.
- Montgomery W.H. III., Pink M., Perry J., *Electromyographic analysis of hip and knee musculature during running*, The American Journal of Sports Medicine, 22:272-278. 1994.
- Orchard J., *Biomechanics of muscle strain injury*, New Zealand Journal of Sports Medicine, 30:92-98. 2002.
- Orchard J., Seward H., *Epidemiology of injuries in the Australian football league seasons*, British Journal of Sports Medicine., 36:39-44. 2002.
- Petersen P., Holmich P., *Evidence based prevention of hamstring injuries in sport*, British Journal of Sports Medicine., 39:319-323. 2005.
- Rampinini E., *Prevenzione e trattamento del danno muscolare indotto da esercizio eccentrico*, Scienza & Sport, 11: 92-95. 2011.
- Sannicandro I., Di Molfetta D., Moscatelli F., Piccinno A., *Rischio di infortunio agli hamstring nelle discipline di corsa veloce dell'atletica leggera*, Atletica Studi, Submitted, 2011.
- Sherry M.A., Best T.M., *A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains*, The Journal Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 34:116-25. 2004.
- Shrier I., *Understanding the relationship between risks and odds ratios*, Clin J Sport Med., 16:107-110. 2006.
- Verrall G.M., slavotinek J.P., Barnes P.G., Fon G.T., Spriggins A.J., *Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging*, British Journal of Sports Medicine, 35:435-439. 2001.
- Verrall G.M., slavotinek J.P., Barnes P.G., *The effect of sport specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players.*, Br J Sports Med, 39:363-368. 2005.
- Watson A.W.S., *Sport Injuries: relationship to flexibility and body mechanics and the effectiveness of different intervention strategies*, In: *Sports Injuries and their Prevention*, Proceeding of Council of Europe 3° meeting, Papendal, Netherlands. 1993.
- Woods C., Hawkins R.D., Maltby S., Hulse M., Thomas A., Hodson A., *The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries*, British Journal of Sports Medicine, 38:36-41;2004,
- Yeung S.S., Suen A.M.Y., Yeung E.W., *A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor*, British Journal of Sports Medicine, 43:589-594. 2009.