

Ita. J. Sports Reh. Po.

Italian Journal of
Sports Rehabilitation and Posturology

1151

Asimmetrie nel rapporto quadricipite/ischio crurali e sue correlazioni con le lesioni muscolari. Una analisi retroattiva della letteratura.



D'Onofrio Rosario¹,



Apostolopoulos Nikos²,



Bhatt Jaymin H³,



Padasala Mehul⁴,



Bjelica Bojan⁵,



Joksimović Marko⁶,



Aiello Paolo⁷,



Licciardi Andrea⁸.

¹ University La Sapienza – Rome - Editor , Italian Journal of Sports Rehabilitation and Posturology - Italy

² Adjunct Professor, Faculty of Kinesiology, University of Toronto - Canada

³ Musculoskeletal Physiotherapist Aash Arthroscopy Center, Ahmedabad, Gujarat - India

⁴ Senior Lecturer, N.R. Institute of Physiotherapy, Ahmedabad, Gujarat – India.

⁵ Faculty of Physical education and sport, University of East Sarajevo , Bosnia and Herzegovina

⁶ Student of Master Studies at the Faculty of Physical Education and Sport, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

⁷ Athletic Development Coach - Acqua e Sapone Futsal – Pescara – Italy

⁸ Fitness Coach - FC Torino Calcio . Torino – Italy

Abstract

Background. La relazione di forza tra flessori ed estensori del ginocchio, è nota in letteratura come H/Q ratio (Hamstring /Quadriceps ratio). Questa è stata ampiamente esaminata, nei campi dell'allenamento sportivo, della prevenzione e della riabilitazione, per descrivere l'espressività funzionale e biomeccanica dell'articolazione del ginocchio. **Obbiettivi.** Con questa review sistematica, retroattiva e quantitativa della letteratura, vogliamo correlare il rapporto convenzionale e funzionale degli ischio crurali/quadricipite con l'incremento delle patologie traumatiche da sport in particolar modo con le lesioni muscolari. **Metodo.** Abbiamo eseguito una analisi sistematica della letteratura in base agli articoli di reporting. A questo scopo sono stati visionati i database PubMed, Medline, utilizzando le seguenti combinazioni di parole chiave : Hamstring/ Quadriceps ratio, hamstring injury , muscle strain, ACL injury, muscle imbalance Sono stati presi in considerazione, per questa revisione, gli articoli dal 1983 al 2018, che rispecchiassero gli obbiettivi scientifici ricollegabili ai criteri inclusione degli autori. **Risultati.** Il rapporto percentuale H/Q convenzionale è definito, in letteratura, come il rapporto tra la il picco di forza di flessori del ginocchio e il quadricipite e viene generalmente misurato durante una contrazione concentrica. L'H /Q, funzionale è definito come il rapporto percentuale tra di picco di forza dei flessori durante una contrazione eccentrica e il picco di forza del quadricipiti durante una contrazione concentrica (H_{ecc} / Q_{con}). La relazione di forza tra agonista /antagonista per l'estensione e la flessione del ginocchio può, comunque, essere descritto meglio dai rapporti più funzionali durante: a)Fase di estensione del ginocchio : forza eccentrica degli ischio crurali e concentrica del quadricipite (H_{ecc}/Q_{con}). b) Fase di flessione del ginocchio : forza concentrica dei flessori e forza eccentrica del quadricipite (H_{con} / Q_{ecc}). Dall'analisi finale di questa review è possibile affermare come asimmetrie/squilibri nel rapporto H / Q funzionale hanno dimostrato di incidere in modo significativo sull'incidenza delle lesioni muscolari. Gli atleti con squilibri di forza, persistenti, hanno mostrato un incremento significativo delle lesioni muscolari pari a 4.66 volte. Valori alterati del rapporto di forza H / Q (<0,6 per 60 ° s-1) possono aumentare i fattori di rischio anche di lesioni a carico del legamento crociato anteriore (LCA). **Conclusioni.** È evidenziabile che le asimmetrie/squilibri nel rapporto funzionale H/Q hanno un impatto significativo sull'incidenza delle lesioni muscolari. E' riportato in letteratura come muscle imbalance possono incrementare i fattori di rischio di lesioni muscolari soprattutto a carico degli ischio crurali. **Conclusioni Finali .** Negli ultimi anni, la letteratura scientifica ha riportato una maggiore incidenza di lesioni muscolari (4 volte superiore) correlandola ad un alterato rapporto di forza H / Q . **Study Design.** Clinical Review. (D'Onofrio R., Apostolopoulos N., Bhatt J., Padasala M., Bjelica B., Joksimović M., Aiello P., Licciardi A. Asimmetrie nel rapporto quadricipite/ischio crurali e sue correlazioni con le lesioni muscolari. Una analisi retroattiva della letteratura. , Ita. J. Sports Reh. Po.; 2019 ; 6 ; 1 ; 1151 -1167 ; ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19 - 55 ; CGI J OAJI :0,101).

Key words : Hamstring/ Quadriceps ratio, hamstring injury , muscle strain, ACL injury, muscle imbalance

Introduzione

Normali valori di forza tra agonisti ed antagonisti sono essenziali per modulare la funzionalità e la biomeccanica articolare del ginocchio durante il movimento. Questo perfetto meccanismo è descritto, in letteratura come "muscle balance." ¹ D'altra parte, in contrapposizione, un " muscle imbalance " si verifica quando i muscoli offrono nelle anomalie tensionali direzioni diverse dovute alla debolezza e/o all'accorciamento dello stesso muscolo.^{2,3,16,17} Quando un muscolo è troppo "accorciato" l'articolazione perde l'armonicità, l'espressività del suo movimento tanto da limitare la funzionalità ed ampiezza del suo range articolare.

Il quadricipite e gli ischio crurali gestiscono la funzionalità analitica dell'articolazione del ginocchio; un squilibrio tra apparato estensore/flessore potrebbe creare un overstress articolare con pattern di movimenti compensativi, che possono sfociare in sindromi posturali (Janda's Crossed Syndromes), in patologie da overuse e lesioni acute dell'apparato muscolo scheletrico . Una valutazione completa, pre season, del sistema muscolare, è consigliabile e dovrebbe includere uno screening atto ad identificare " l'overactivity " e la qualità di movimento.

L'obiettivo di questa review è studiare il rapporto tra quadricipiti e gli ischio crurali (rapporto : H/Q ratio / Hamstring /Quadriceps ratio) e la correlazione con le lesioni muscolari e delle lesioni del Legamento crociato anteriore.

Asimmetrie nel rapporto quadricipite/ischio crurali e sue correlazioni con le patologie traumatiche da sport.

La maggior parte degli atleti, esprimono nella propria gestualità tecnica un arto dominante.⁴ Questa preferenza associata ad una ripetitività gestuale, stimola squilibri muscolari di forza e di flessibilità⁵ che associati ad asimmetriche destrutturazioni posturali concorrono ad elevare notevolmente i fattori di rischio di lesioni e di re-injury.^{6,7}

Durante la gestualità tecnica, sia essa semplice che complessa, i muscoli della "core", contribuiscono a stabilizzare la funzionalità delle catene cinetiche, funzionali, che sono le principali responsabili della flessione, lateralità e rotazione del tronco durante espressioni gestuali. Così studi^{6,7,8} sostengono e valorizzano come una asimmetrica ipertrofia dei muscoli della core si correla con un incremento delle lesioni muscolari e delle patologie a carico della sinfisi pubica.

In sport di contatto/contrasto come calcio, il decremento della core stability è stata suggerita per essere associata con uno status disfunzionale del cingolo pelvico e ad un anomalo allineamento dell'arto inferiore che ha implicazioni cliniche espresse per esempio attraverso una "knee Pain Syndrome" o un "Low Back Pain".^{8,9,10}

Irland¹¹ sottolineò come un "knee Pain Syndrome" "è associabile ad una "debolezza" degli adduttori dell'anca. D'Onofrio R.⁶ afferma come un deficit della rotazione dell'anca si correla con un dolore anteriore del ginocchio.

Anche Powers¹² riporta che una restrizione di mobilità dell'articolazione coxo - femorale può cambiare la pressione e la tipologia del contatto sulle faccette mediali articolari e laterali della rotula correlandosi, in una prima fase, clinica e funzionale, con un dolore patello-femorale.

Recentemente^{2,6,7,10} squilibri di forza dei muscoli adduttori, sono stati associati a restrizioni di mobilità dell'articolazione ileo - sacrale e a un "knee Pain Syndrome".

E' noto che il rapporto funzionale adduttori / adduttori dell'anca riveste un importante ruolo nel determinare una stabilità funzionale del cingolo pelvico durante espressività gestuali. Un decremento omolaterale dei valori di forza creano compensi posturali, che sfoceranno in una disfunzione successiva, secondaria, adattativa, del cingolo pelvico, vero fulcro dell'espressività biomeccanica gestuale calcistica.

Si è formulato in letteratura che movimenti ripetitivi legati alla gestualità tecnica/atletica su un substrato disfunzionale, provocano un microtrauma "cumulativo" elevando la possibilità di incorrere in una lesione muscolo - tendinea.

Precedenti studi internazionali sul calcio^{4,8,13,33,35} hanno dimostrato una associazione tra forza e flessibilità e la loro correlazione nelle lesioni degli adduttori (pettineo, adduttore lungo, adduttore breve, grande adduttore, gracile ed otturatore esterno), in varie popolazioni atletiche. Ekstrand¹³ trovò, nella fase pre - season, che i calciatori che presentavano un decremento della flessibilità degli adduttori dell'anca, andavano incontro a patologie da overuse della regione pubica. D'altro canto è possibile evidenziare^{14,15} come deficit funzionali e biomeccanici (decremento della flessibilità, asimmetrie di forza, storie pregresse di lesioni muscolari ecc...) se non appianati rappresentano ulteriori ed importanti fattori di rischio.

La letteratura scientifica oggi, mette in evidenza, quanto sia importante avere una relazione di forza equilibrata, funzionale tra le catene muscolari e tra i muscoli agonisti ed antagonisti.

Così confortati da studi^{16,17} è possibile affermare come gruppi muscolari degli estensori e dei flessori del ginocchio sono quelli che spesso subiscono, data l'intensa e prolungata attività fisica specifica, adattamenti negativi in termini di forza e flessibilità. L'alterazione relativa dell'equilibrio funzionale tra il quadricipite e gli ischio crurali compromette ed incide negativamente sulla coordinazione intra ed intermuscolare e di riflesso sul controllo

neuromuscolare dell'articolazione del ginocchio.⁷ L'abilità di "proteggere" il ginocchio da un evento lesivo dipende in primis dall'attività dei flessori del ginocchio e dal suo ruolo strategico nel controllare la traslazione anteriore tibio femorale.⁷ E pur vero come, una alterazione del "hamstring/quadriceps ratio" (H/Q ratio) è suggerito come un fattore di rischio di lesioni traumatiche a carico dell'arto inferiore.^{16,17} Così come alcuni sport possono alterare, durante gestualità specifiche, il rapporto di forza quadricipite/ischio crurali. Infatti atleti di calcio a 5, per esempio, presentano valori di forza del quadricipite più bassi rispetto agli atleti di calcio a 11 e beach soccer.¹⁸ E' possibile affermare come nel calcio a cinque si denota l'importanza di un'ottima mobilità dell'articolazione coxo/femorale, proprio per la gestualità tecnico specifica della disciplina (foto 1). Una ridotta mobilità dell'articolazione coxo/femorale va a correlarsi negativamente sul rapporto di forza e flessibilità tra H : Q, aumentando, così i fattori di rischio di lesioni muscolo – scheletriche sia acute che da overuse, soprattutto, a carico dell'arto inferiore.



Foto 1. Gestualità tecnica specifica nel calcio a 5 . Una ridotta mobilità della coxo/femorale, durante espressività gestuali va a correlarsi negativamente sul rapporto di forza e flessibilità tra H e Q, aumentando il rischio di lesioni a carico dell'arto inferiore. (Aiello P. 2018) [foto pubblicata con il permesso di J. Pinto calciatore della Acqua&Sapone UniGross Futsal – Città di Montesilvano -Pescara – Italy]

Relazioni funzio-disfunzionali del rapporto quadricipite/ischio crurali nella espressione gestuale sportiva e loro correlazioni con le patologie traumatiche da sport .

a) Il Rapporto convenzionale e funzionale quadricipite/ischio crurali

L'equilibrio muscolare fisiologico, deve essere ricercato non solo nel rapporto quadricipite/ischio crurali, perché sarebbe fisiologicamente riduttivo, ma all'interno delle varie catene funzionali.^{6,10} È, così consigliabile, non trascurare, tra l'altro per esempio, una "attivazione" muscolare dei glutei, di cui è nota la sinergia funzionale, insieme con gli ischio crurali, sul controllo e sulla stabilità del ginocchio. Risulta particolarmente rilevante, in questo

contesto il ruolo degli intra ed extrarotatori del ginocchio sul controllo dei movimenti in valgo ed in varo. Il rapporto di forza tra estensori e flessori del ginocchio è utilizzato per stimare l'abilità funzionale dell'articolazione e i relativi equilibri esistenti tra agonisti ed antagonisti.^{19,20} La relazione percentuale convenzionale H/Q è definito come il rapporto tra la il picco di forza dei flessori del ginocchio e il quadricipite e viene generalmente misurato durante una contrazione concentrica. Mentre l'H/Q funzionale è definito come il rapporto percentuale tra di picco di forza dei flessori durante una contrazione eccentrica e il picco di forza del quadricipite durante una contrazione concentrica (H_{ecc} / Q_{con}).^{7,10,16,17}

Valori alterati del rapporto di forza H / Q (<0,6 per 60 ° s-1) possono aumentare il rischio di lesioni muscolari agli ischio crurali e al Legamento Crociato Anteriore (LCA).^{7,10,16,17}

Le atlete hanno un valore di rischio 4 volte maggiore, rispetto agli atleti, di incorrere in una lesione LCA. Negli ultimi anni, alcuni autori^{7,21,27,34} hanno correlato un'incidenza più elevata di lesioni del LCA nelle donne ad un alterato rapporto di forza H / Q.

Per Aagaard^{20,22} il rapporto di forza di "Hamstring/Quadriceps (H/Q)" è calcolato dividendo il picco di forza dei flessori del ginocchio, con il picco di forza degli estensori del ginocchio.

La relazione di forza tra agonisti / antagonisti durante l'estensione e la flessione del ginocchio può, comunque, essere descritto meglio dai rapporti più funzionali durante:

1. Fase di estensione del ginocchio: tra forza eccentrica degli ischio crurali e concentrica del quadricipite (F_{ecc}/Q_{con})
2. Fase di flessione del ginocchio: forza concentrica dei flessori e forza eccentrica del quadricipite (F_{con}/Q_{ecc})

Secondo Elliott²³ si parla di squilibrio muscolare di forza tra estensori e flessori del ginocchio. quando la differenza del picco del momento di forza, nell'analisi dei rapporti funzionali, supera il 10%.

Davies²⁴ afferma, che il picco del momento di forza isocinetico degli ischio crurali dovrebbe essere ancorato intorno al 66-69% rispetto a quello degli estensori ad una velocità angolare di 60°/sec.

Per maggiore chiarezza potremmo dire che il rapporto ideale di forza isocinetica dovrebbe essere ancorato su un rapporto 100: 67 % (Q : H ratio).

Orberg²⁵ confrontando, un gruppo di calciatori professionisti e soggetti non praticanti attività sportiva, hanno rilevato, attraverso una batteria di test isocinetici, effettuati alle velocità angolari di 30°/sec e 180°/sec, che il rapporto ideale di forza tra gli estensori e flessori del ginocchio deve orientarsi nei calciatori intorno al 100 : 55 % (Q : H ratio).

Ekstrand²⁶ indica in 1.55 il valore ideale per quando riguarda il rapporto funzionale tra estensori/flessori.

Il rapporto funzionale isocinetico quadricipite/ischiocrurali varia con il variare della velocità angolare di movimento. Questo comportamento è da attribuire ad un difforme decremento di forza tra quadricipite e ischio crurali. In particolar modo i flessori alle alte velocità angolari tendono a conservare una performance relativamente più elevata rispetto agli estensori del ginocchio. Gli squilibri muscolari³⁶ variano in relazione ai modelli o alle caratteristiche specifiche inerenti la gestualità tecnica/atletica e in relazione, anche, alla posizione occupata in campo dall'atleta.

La ridotta funzione²⁷ dei muscoli flessori è dovuta all'attività che enfatizza carichi di lavoro orientati e mirati esclusivamente al miglioramento della forza degli estensori del ginocchio. Questo dà luogo a squilibri muscolari tra i flessori del ginocchio e il quadricipite, predisponendo con ciò gli atleti a una lesione principalmente di natura muscolare.^{10,16,27} Questa predisposizione può essere dovuta, come affermato in precedenza, ad un ulteriore decremento della contrazione dell'antagonista durante la co-attivazione di entrambi i gruppi muscolari e durante l'esecuzione di esercizi in CKC ,con sovraccarichi, in estensione.²⁸

Questa tendenza, può essere il risultato dell'anomala attività di co-attivazione dei flessori, del ginocchio, che svolgono il ruolo di antagonisti, durante il carico in estensione, in CKC, nell'intero excursus articolare.

Per Baratta²⁹ l'importante è quantificare, attraverso studi elettromiografici, i modelli di attività muscolare dei flessori ed estensori del ginocchio sia presi isolatamente che durante la simultanea co - attivazione.

Gli atleti con ipertrofia del quadricipite, dimostrano un maggiore effetto inibitorio sulla capacità di co- attivazione dei flessori del ginocchio.²⁹ Atleti che di solito "potenziano" gli ischio crurali, hanno una risposta co-attivatrice simile a quella di soggetti normali, ovvero dei non sportivi. La riduzione della capacità di reclutare contemporaneamente i gruppi muscolari flessori ed estensori del ginocchio è dovuta al muscolo antagonista.

Ad esempio nel ciclismo, durante il ciclo della pedalata, il rapporto Q / H è più vicino al 50/50%, mentre i quadricipiti generalmente dominano sui muscoli posteriori della coscia con poche percentuali.^{58,61,62} Tuttavia, le tecniche di pedalata e l'attivazione muscolare variano molto a causa della potenza, della velocità di pedalata, della posizione del corpo, dell'appoggio al pedale, dello stato di allenamento e della fatica.⁶⁰ Non sembra chiaro, quale sia la tecnica più efficace. Infatti si è visto che il problema comune in molti ciclisti è che hanno muscoli del quadricipite troppo sviluppati e muscoli posteriori della coscia deboli, e il ruolo dei muscoli ischio crurali durante la pedalata è generalmente sottostimato. La pedalata svolta a dominanza dei quadricipiti porta ad una perdita di potenza dovuta all'affaticamento e ad una maggiore possibilità di dolore alla colonna lombare o addirittura a lesioni muscolari visto il link con il bicipite femorale⁵⁹

Attraverso l'osservazione e l'analisi EMG durante la pedalata si è visto che in bike i muscoli delle gambe si attivano ciclicamente durante il ciclo dell'andatura. Ciò significa che i muscoli si attivano e poi si rilassano prima del nuovo ciclo di attivazione. Le ripetute attivazioni muscolari alla fine causano affaticamento se eseguite per lunghi periodi o con intensità elevate. Un corretto rilassamento tra i cicli di attivazione è essenziale per un'efficace funzione muscolare. Pantaloncini short bermuda con EMG, di ultima generazione sono utilizzati per valutare in tempo reale, lo status muscolare delle cicliche espressioni gestuali dinamiche.

Studi recenti^{30,31,32} hanno evidenziato come la tensiomiografia sia uno strumento, di facile applicabilità, non invasivo che fornisce importanti informazioni sull'attività muscolare .

A tal proposito Rey E.³³ in un lavoro del 2012 ha voluto analizzare, attraverso l'analisi tensiomiografica, le differenti risposte muscolari e le caratteristiche meccaniche dell'arto inferiore, in relazione alla loro posizione occupata sul campo.

L'analisi fu effettuata su 78 giocatori di calcio professionisti spagnoli (l'età 26.6 ± 4.4 anni; altezza: 179.2 ± 5.3 cm; peso: 75.8 ± 5.3 kg) ed indirizzata a documentare, l'espressività muscolare, in particolar modo, del bicipite femorale e del retto femorale .

Nei giocatori di calcio, oggetto dello studio, non si evidenziarono differenze significative nell'attività del bicipite femorale (T(c), contraction time T(r) e half-relaxation time T(s) sustain time . Altresì differenze significative, furono osservate nell' attività del retto femorale correlabile alle posizioni sul terreno di gioco occupate dai calciatori.

Un altro studio³⁵ tramite uno screening effettuato all'inizio della fase pre - season, ha voluto determinare, in calciatori , il profilo meccanico e neuromuscolare dei muscoli estensori e flessori del ginocchio esaminando eventuali differenze riferite alla posizione/ruolo occupato sul campo. Così il Vasto Mediale Obliquo (VMO), Vasto Laterale (VL), Retto Femorale (RF) e Bicipite Femorale (BF) di 16 calciatori professionisti sono stati valutati mediante tensiomiografia (TMG). Lo studio ha evidenziato che la ripetitività gestuale relativa ai differenti ruoli occupati sul terreno di gioco concorrono a creare asimmetrie significative relative tra gli atleti nel BF, RF, VM e nel rapporto tra VL e VMO.

Un decremento dei valori di forza dei muscoli dell'apparato estensore/flessore è facilmente riscontrabile dopo la ricostruzione del Legamento Crociato Anteriore (LCA).

Maeda N.³⁴ in un lavoro recentissimo ha valutato, attraverso un esame tensiomiografico le caratteristiche meccaniche e contrattili del quadricipite e dei muscoli ischio crurali dopo la ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Si evidenziavano, nelle conclusioni dello studio, squilibri significativi nel Vasto Mediale (VM) e nel Bicipite Femorale (BF) quando si confrontano i risultati tra il gruppo post chirurgia ricostruttiva del LCA e il gruppo di controllo ($p = 0,034$, $p = 0,043$, rispettivamente).

Una review di D'Onofrio R.³⁶ ha sottolineato come, attraverso la tensiomiografia di superficie si possono di fatto "intercettare" squilibri muscolari valutando l'apparato flessore ed estensore del ginocchio, dell'arto dominante e non. Questo permetterà di individuare atleti a rischio di incorrere in lesioni muscolari.

Così 83 calciatori professionisti di nazionalità diversa e partecipanti ai campionati di Serie A e Serie B italiana, (età media 26 ± 4.80 peso 77.70 ± 6.90 Kg altezza 181 ± 5.92 cm) sono stati osservati ed analizzati, durante la fase pre - season dal 2007 al 2010. Attraverso l'analisi dei dati del Retto femorale, Vasto Laterale, Vasto Mediale e del Bicipite Femorale è stato possibile valutare eventuali squilibri muscolari riferiti al TC e TS in entrambi gli arti.

E' possibile affermare, sostiene l'autore come l' 86.7% dei calciatori testati presentavano deficit di forza ad uno dei due arti inferiori o ad entrambi. Questo deficit oscillava tra il 10% ed il 50% , (Grafico 1) ed era rappresentato nella tabella ROI⁵⁷ come deficit di rischio lieve e medio. Si evidenziava in questa ricerca, inoltre, che il 39.7% presentava un deficit medio (1/3 della rosa di 27 giocatori) . Possiamo considerare, così, che il rischio di incorrere in un infortunio sarà tanto maggiore quanto sarà il deficit di forza.

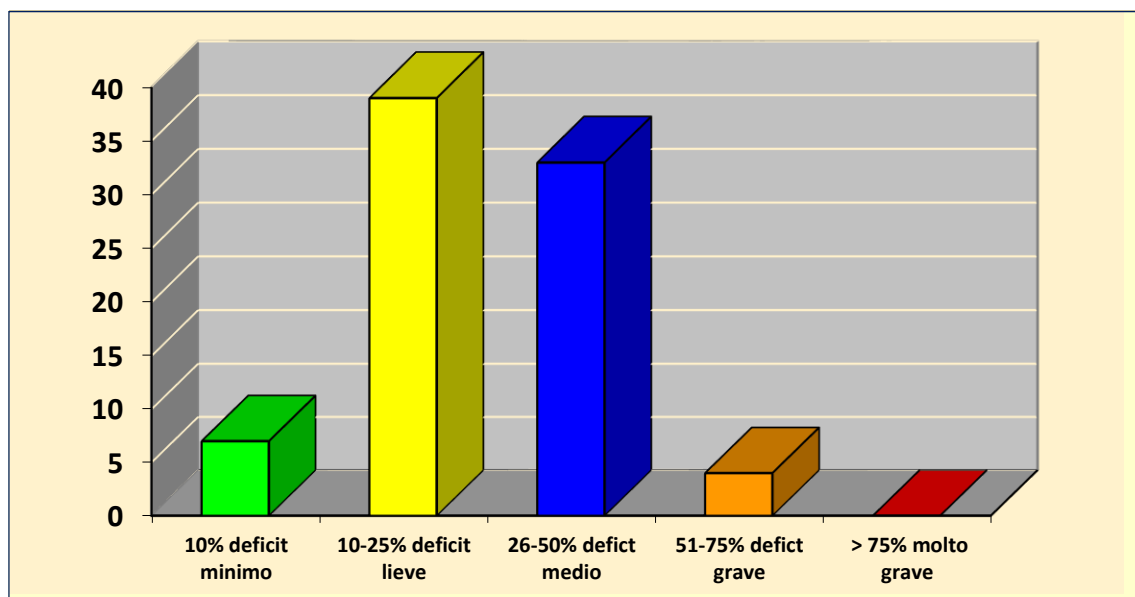


Grafico 1 .Campionati di Calcio Serie B - 2007 -2010 deficit funzionali riscontrati su un totale di 83 calciatori professionisti³⁶

Baratta²⁹ afferma che atleti, con ipertrofia del quadricipite evidenziano una forte inibizione sulla co-attivazione dei flessori del ginocchio. Una alterata co-attivazione aumenta il rischio di lesione capsulo-legamentosa, e muscolare.²⁹ Begalle RL,³⁷ sostiene che esercizi con momenti di co-attivazione del quadricipite-ischio crurali più equilibrato possono favorire programmi di riabilitazione e prevenzione delle lesioni del legamento crociato anteriore. In contrapposizione, esercizi che utilizzano un'attivazione dominante del quadricipite possono influenzare negativamente l'equilibrata funzionalità biomeccanica del ginocchio incrementando la traslazione tibio- femorale e quindi lo stress tensionale sul legamento crociato anteriore.³⁷

Così una alterazione del rapporto di forza Ischio crurali/Quadricipite (Hamstring-to-Quadricipite H: Q) sia esso convenzionale che funzionale sembra essere un fattore predittivo sia di lesioni muscolari agli ischio crurali e sia di lesioni al Legamento Crociato Anteriore (LCA).⁵⁶

b) Alterazioni del rapporto quadricipite/ischio crurali e loro connessioni con le lesioni muscolari.

Molti giochi di squadra, come basket, handball o il calcio, sono sport di contatto/contrasto ad alto rischio torsionale.^{7,10} In questi sports le gestualità tecnico atletiche semplici e complesse favoriscono una importante ipertrofia di alcuni gruppi muscolari (retto femorale, gastrosoleo, ischiocrurali, ileopsoas). Squilibri muscolari e posturali,^{10,16} in questo contesto, se non compensati, predispongono l'atleta a patologie da sovraccarico funzionale o a lesioni muscolari acute.³⁸

Un'alterazione del rapporto di forza e di flessibilità tra estensori/flessori del ginocchio rimane un chiaro fattore predittivo di lesioni traumatiche a carico non solo del ginocchio e della caviglia, ma anche e soprattutto a carico dei muscoli ischiocrurali.^{16,36,38}

Questo è confermato anche da Fousekis K⁴¹ in uno studio del 2010, eseguito su 100 giocatori di calcio professionisti, evidenziò come asimmetrie strutturali muscolari, relative all'alterazione del rapporto funzionale Q/H, incrementavano il rischio di lesioni muscolari ai flessori del ginocchio.⁴¹ Secondo Aquilar⁴² un Dinamico Warm Up (D.W.U.) è la prima un'alternativa ad allungamento statico nella fase pre season. Così viene rilevato⁴² come un Dinamic Warm-Up (5' e 10' di stretching dinamico e running) migliora significativamente la forza eccentrica del quadricipite e la flessibilità dei flessori del ginocchio. È opinione scientifica che lesioni muscolari a carico degli ischiocrurali, che si verificano durante le diversificate fasi del running interessano in massima parte il bicipite femorale (muscolo bi-articolare), durante la fase di spinta, e il semitendinoso durante la fase di flessione dell'anca.^{6,10,16,17}

Criticamente possiamo affermare come test per valutare il rapporto Hamstring-to-Quadricipite H: Q sono spesso eseguiti in uno status non affaticamento muscolare.

Così possiamo affermare come dati attuali³⁹ suggeriscono che la valutazione del rapporto H: Q durante un test di fatica (HQ_{Fatigue}) fornisce risultati completamente diversi rispetto al tradizionale H: Q_{CR} (conventional ratio). L'affaticamento muscolare, osservato nei flessori del ginocchio e la differenza nella correlazione tra H: Q convenzionale H: Q_{CR} e H: Q_{Fatigue} indicano³⁹ fattori di rischio importanti nella predizione di lesioni muscolari a carico degli ischio crurali.

L'affaticamento muscolare e quadri asimmetrici di forza degli arti inferiori sono fattori noti per influenzare il rischio di lesioni muscolari agli ischio crurali del ginocchio.⁴⁰

Per la valutazione e l'analisi del rapporto estensori/flessori in atleti operati di ricostruzione del lca, Daniel⁴⁴ propose questo criterio di valutazione:

1. Quadriceps index (QI: indice quadricipitale = massimo picco di forza in estensione arto patologico/arto sano x 100
2. Hamstring index (indice degli ischio crurali= massimo picco di forza in flessione arto patologico/arto sano x 100

Kannus⁴⁵ riportò che, nel rapporto estensori/flessori, il deficit di forza in ginocchia patologiche, è sicuramente più alto alla velocità angolare di 180 gradi/sec.

In contrapposizione Zaccherotti⁴⁶ in uno studio prospettico con un follow up a 5 anni, in due gruppi di pazienti operati di lca con TR (tendine rotuleo) e DLSTG (semitendinoso e gracile a "quattro") ed uno di controllo, ha ribadito quello che in precedenza Marder⁴⁷ aveva già evidenziato e cioè :

- a) un deficit nel gruppo DSTG significativo della forza dei flessori misurata a 60 gradi/sec (pari al 17%), rispetto al gruppo di pazienti operati con TR.

Gli autori, che fecero eseguire a tutti i pazienti lo stesso iter riabilitativo. Essi conclusero affermando che gli ischio crurali presentavano un deficit di forza più rilevante in seguito al prelievo dei tendini Semitendinoso e Gracile (STG) rispetto al quadricipite dopo prelievo del terzo centrale del Tendine rotuleo (TR).

Lee JWY⁴⁸ ha studiato il rapporto flessori / estensori del ginocchio per individuare nella fase pre season, della stagione sportiva possibili fattori di rischio di lesioni muscolari. L'autore evidenziò che deficit di forza eccentrica degli ischio crurali associato ad un alterato rapporto flessori ed estensori del ginocchio (Hamstring : Quadroiceps, H:Q) elevano in maniera esponenziale i fattori di rischio di lesioni muscolari.

Harter,⁴⁹ valutò il rapporto di forza del quadricipite e degli ischio crurali nella fase post-ricostruttiva del LCA. Lo score dei soggetti valutati, evidenziava a carico degli ischio crurali un deficit di forza significativamente minore a lungo termine (41 a 101 mesi < del 1.9%) rispetto alla valutazione intermedia (24 a 40 mesi < del 2.1%). I risultati suggeriscono che sono necessari lunghi periodi di tempo per raggiungere un quadro simmetrico di forza nei dei muscoli posteriori della coscia dopo la ricostruzione del LCA. Ulteriori squilibri muscolari persistenti sono ricollegabili ad una incompleta "Rehabilitation" o ad un improprio "Reconditioning."⁴⁹

Ha proposito di lesioni degli ischio crurali, nel calcio, Woods⁵¹ ha condotto un'indagine statistica particolareggiata nell' English Professional Football League per due stagioni agonistiche consecutive. Le lesioni muscolari a carico degli ischio crurali incisero per il 12% delle lesioni totali all'interno delle due stagioni, con quasi la metà (53%) a carico del bicipite femorale.

Fu osservata una media di 5 lesioni muscolari, per club, dei flessori del ginocchio, per stagione sportiva. Nel 57% dei casi, la lesione avvenne durante la corsa. Lesioni a carico degli ischio crurali furono osservati maggiormente durante la gara (62%) con un aumento alla fine di ogni tempo ($p < 0.01$). Gli eventi lesivi interessavano maggiormente:

1. giocatori esterni ($p < 0.01$),
2. giocatori di origine etnica e nera ($p < 0.05$)
3. giocatori "anziani" ($p < 0.01$)

La percentuale di re - injury, a carico degli ischio crurali, era del 12%. Il bicipite femorale era il muscolo più lesa del complesso dei muscoli posteriori della coscia (53%).

Arnason⁵² confermò che l'età e storie pregresse di lesioni i elevano i fattori di rischio nel football d'élite islandese. Nello studio, su 306 giocatori di football, vennero riportate le seguenti conclusioni:

1. i giocatori "anziani" erano, in generale, a rischio più alto di lesioni
2. per le lesioni dei flessori del ginocchio, i fattori di rischio significativi erano età, precedenti storie di lesioni e deficit di flessibilità.

L'alterazione degli equilibri estensori/flessori del ginocchio possono concorrere anche a lesione degli adduttori.⁵² Per questo bisogna studiare attentamente i rapporti funzionali tra il quadricipite e gli ischio crurali. La valutazione funzionale secondo Dauty⁵⁰ deve orientarsi alla conoscenza dei:

1. rapporti omolaterali di forza flessori (H) estensori (Q) del ginocchio:
 - forza concentrica degli ischio crurali / forza concentrica del quadricipite
 - forza eccentrica degli ischio crurali / forza concentrica del quadricipite
2. rapporti funzionali di forza bilaterali dei flessori del ginocchio:
 - forza concentrica dei flessori a destra /forza concentrica dei flessori a sinistra

- forza eccentrica dei flessori a destra / forza eccentrica dei flessori a sinistra

Questa valutazione ci permetterà di identificare i fattori di rischio a carico di atleti sani e con storie pregresse di lesioni muscolari.⁵⁰

Witvrouw,^{53,54} ha posto l'accento come, in calciatori, il decremento costante della flessibilità degli ischio crurali è dovuta alla tipica gestualità in semiflessione. Questo "accorciamento" concorre ad instaurare un squilibrio del momento coordinativo intra e inter muscolare elevando significativamente il rischio di una lesione muscolare a carico di questo distretto muscolare. L'autore evidenziava, come una scarsa flessibilità degli ischio crurali e del quadricipite nella fase pre-season può concorrere ad identificare i giocatori di calcio a rischio di lesione dei gruppi muscolari estensori e flessori del ginocchio. Nello studio⁵³ vennero esaminati e seguiti per tutta la stagione 1999-2000, 146 giocatori di calcio professionisti partecipanti al campionato belga di calcio. Nessuno dei giocatori interessati allo studio aveva da raccontare una storia di lesioni muscolari negli arti inferiori negli ultimi 2 anni. I test di flessibilità per ischio crurali (straight-leg-raising test, sit and reach test) quadricipite, adduttori, e gastrocnemio furono effettuati prima della stagione sportiva agonistica. Nell'arco del campionato si evidenziarono 31 giocatori con lesioni degli ischio crurali e 13 con lesione muscolare a carico del quadricipite. Si rilevò che:

- a) i calciatori infortunati evidenziarono un deficit significativo nella flessibilità, nella fase pre season, di questi gruppi muscolari in comparazione col gruppo di atleti sani.
- b) nessuna differenza significativa nella flessibilità, fu riscontrata, per i 13 giocatori, che incorsero a una lesione del muscolo adduttore e per i 10, che subirono una lesione muscolare a carico del gastrocnemio ed il gruppo di calciatori sani.

Questi risultati indicano, tra l'altro, che i giocatori di calcio con una anomala flessibilità dei flessori del ginocchio, alterano il rapporto funzionale Q : H ed elevano esponenzialmente il rischio di lesioni a carico dell'apparato muscolo-scheletrico. Una scarsa flessibilità muscolare è individuata, dagli autori essere un'importante fattore di rischio intrinseco per lo sviluppo di frequenti lesioni muscolari.^{16,1736}

Askling⁵⁵ afferma che training eccentrici effettuati a carico dei flessori del ginocchio nella fase pre-season, comportano un notevole decremento delle lesioni muscolari. Queste considerazioni nascono da uno studio effettuato su 30 calciatori partecipanti alla Premier-League Svedese. Nello studio i calciatori furono divisi in due gruppi:

1. nel primo gli atleti effettuarono un specifico training eccentrico supplementare riguardante i flessori del ginocchio
2. nel secondo non effettuarono nessun training e risultarono quindi come gruppo di controllo

Il training addizionale fu compiuto 1-2 volte alla settimana per 10 settimane. A livello statistico i numeri mostrarono che l'evento lesivo a carico dei flessori del ginocchio era chiaramente minore nel gruppo di training (3/15) rispetto al gruppo di controllo (10/15).

Conclusioni

Il ginocchio rappresenta un'articolazione, biomeccanicamente complessa, sottoposta a sollecitazioni diversificate di varia entità in relazione alla tipologia gestuale sportiva. Una alterazione dello status di forza e di flessibilità, dei muscoli che controllano la biomeccanica funzionale del ginocchio, determina, attraverso il gioco muscolare, compensi sia statici che dinamici all'interno delle catene cinetiche funzionali. Le differenze nei rapporti di H/Q ratio

tra atleti, dipendono, dalla disciplina scelta, dal livello della competizione o da entrambi. Bisogna quindi sempre ricercare, se ragioniamo in maniera analitica, una eccellente fisiologia degli ischio crurali al fine di ottimizzare la performance muscolare ed evitare squilibri muscolari omolaterali che possono compromettere nell'arco della stagione sportiva l'integrità fisica dell'atleta. E' utile ricordare all'inverso che eventi traumatologici ricollegabili all'arto inferiore, sono il primo fattore che altera il normale rapporto funzionale tra quadricipite e ischio crurali e predispone l'atleta a notevoli rischi di lesione. Squilibri di forza e di flessibilità conclamati, sono stimati essere, come fattori predisponenti per lesioni sia acute che croniche dell'apparato mio-osteo articolare. È stato dimostrato che l'età, l'allenamento e gli infortuni influiscono sul delicato rapporto H / Q sia esso convenzionale che funzionale. Sulla base di questa revisione, possiamo affermare come un alterato rapporto ischio crurali/ quadricipite (H:Q ratio) può predire future lesioni muscolari, in particolar modo ai flessori del ginocchio. Non dobbiamo infine dimenticare come la letteratura sostiene che lesioni da non contatto a carico dell'articolazione del ginocchio siano ricollegabili ad un quadro disfunzionale a carico dei muscoli ischio crurali e quadricipite. Rimane importante nella fase pre- season monitorare i valori "H: Q ratio" (Hamstring : Quadriiceps ratio) al fine di identificare i giocatori a rischio di eventi lesivi, e predisporre training atti al recupero delle normali funzioni fisiologiche.



Ita. J. Sports Reh. Po.

Italian Journal of
Sports Rehabilitation and Posturology

Reference

1. Cuthbert SC. "What Are You Doing About Muscle Weakness? Pt. 4, The Extremities. *Dynamic Chiropractic*, 2009; Nov. 4;27(23).
2. Fredericson M. *Muscular Balance, Core Stability, and Injury Prevention for Middle- and Long-Distance Runners* *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2005 ; 16 (669–689
3. Cuthbert SC. "What Are You Doing About Muscle Weakness?" *Dynamic Chiropractic*, May 6, 2009;27(25).
4. Rahnama N, Lees A, Bambaecichi E. Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*. 2005;48:1568–1575.
5. Raty HP, Kujala U, Videman T, Koskinen SK, Karppi SL, et al. Associations of isometric and isoinertial trunk muscle strength measurements and lumbar paraspinal muscle cross-sectional areas. *J Spinal Disord*. 1999;12:266–270
6. R. D'Onofrio, P. Tamburrino, G. Papa, G. Rando, A. Tucciarone, V. Manzi, A. Pintus, A. Bovenzi, L. Febrari, J. Van de Rakt *Meccaniche posturali del Lumbo-Pelvic-Hip Complex in atleti con Low Back Pain. Implicazioni per un corretto approccio riabilitativo – funzionale. Ita J Sports Reh Po* 2018; 5 ; 1 814 – 840 ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55 CGIJ OAJI :0,101
7. R D'Onofrio, P Tamburrino, V Manzi, A Tucciarone, R Tavana, Bhatt, J, *Training neuromuscolari in età pediatrica. Valutazione della letteratura per un corretto protocollo applicativo nella prevenzione delle lesioni del LCA in soggetti scheletricamente immaturi. Ita J Sports Reh Po* 2018 ; 5 (2), 990 -1012
8. Kubo T, Muramatsu M, Hoshikawa Y, Kanehisa H. Profiles of trunk and thigh muscularity in youth and professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:1472–1479
9. Robertson BA, Barker PJ, Fahrer M, Schache AG. The anatomy of the pubic region revisited: implications for the pathogenesis and clinical management of chronic groin pain in athletes. *Sports Med*. 2009;39:225–234
10. R. D'Onofrio, V. Manzi, A. Pintus, S. D'Ottavio *Le lesioni muscolari nel calcio internazionale. SdS*, 70, Luglio Settembre 2006 ; 51- 58
11. Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33:671–676
12. Powers CM, Ward SR, Fredericson M, et al. Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33:677–685.
13. Ekstrand J, Gillquist J. The availability of soccer injuries. *Int J Sports Med* 1983; 4: 124-8
14. Timothy F. Tyler, PT *The Association of Hip Strength and Flexibility With the Incidence of Adductor Muscle Strains in Professional Ice Hockey Players American Journal of Sports Medicine* (2001)29:124-128
15. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33:639–646 10,13

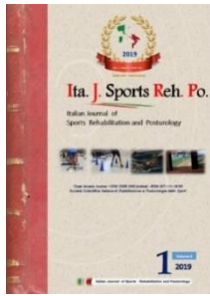
16. R. D'Onofrio P- Tamburrino, A. Tucciarone, G. Tamburrino *L'incidenza delle lesioni muscolari nel calcio. Una review retroattiva, delle letteratura Scientifica internazionale. Il Medico Dello Sportivo* 2016; 15,1,: 16 -20
17. R. D'Onofrio *Indagine epidemiologica delle lesioni muscolari nel calcio. Analisi retroattiva delle letteratura .Ita J Sports Reh Po* 2015; 2; 4 ; 345- 367 ; doi 10.17385/ItaJSRP.015.3007 ; ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19-55
18. De Lira CAB *Isokinetic Knee Muscle Strength Profile In Brazilian Male Soccer, Fustal, and Beach Soccer Players: a cross sectional study Int. J.Sports Phys Ther.* 2017 Dec;12(7):1103-1110.
19. Holmes, JR. & Alderink, GJ. (1984). *Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstrings muscles in high school students Phys Ther* 64, 914-918)
20. Aagaard, P., Simonsen, EB., Trolle, M., Bangsbo, J., & Klausen, K. *Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode Acta Physiol Scand* , 1995. 154, 421 427)
21. Askling, J. Karlsson, A.Thorstensson *Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload Scand J. Med Sci Sports* 13,2003, 244 -250
22. Aagaard, P., Simonsen, EB., Beyer, N., Larsson, B., Magnusson, P., & Kjaer, M. (1997). *Isokinetic muscle strength and capacity for muscular knee joint stabilization in elite sailors Int J Sports Med* 18, 521525
23. Elliot J. *Assessing muscle strength isokinetically JAMA* 1978, 240: 2408 –2409
24. Davies G J: *Rehabilitation of the surgical knee. Ronkonkoma N. Y.* 1984.
25. Oberg B, Moller M, Gillquist J, Ekstrand J. *Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. Int J Sports Med.* 1986 ; Feb;7(1):50-3
26. Ekstrand J Gillquist J. *Prevention of soccer injuries 1983; Am. J sport med* 11 116- 120
27. Lund-Hanssen, H., Gannon, J., Engebretsen, L., Holen, K., & Hammer, S. *Isokinetic muscle performance in healthy female handball players and players with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction 1996 ; Scand J Med Sci Sports* 6, 172-175
28. Hewett, TE., Lindenfeld, TN., Riccobene, JV., & Noyes, FR. *(The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: a prospective study Am J Sports Med* 1999 ; 27, 699-705
29. Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, BH., Letson, D., Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. *Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability 1988; Am J Sports Med* 16, 113122
30. Rusu L D *Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 10:67
31. Grabljevec k.; Šimunič B. *Detection of contractile properties of chronically spastic muscles in subjects after traumatic brain injury with Tensiomyography (TMG) method International journal of rehabilitation research, Vol. 27, Suppl. 1 (June 2004), str. 132-133*

32. *García-Manso JM, Rodríguez-Matoso D, Sarmiento S, de Saa Y, Vaamonde D, Rodríguez-Ruiz D, Da Silva-Grigoletto M* Effect of high-load and high-volume resistance exercise on the tensiomyographic twitch response of biceps brachii. - *J Electromyogr Kinesiol.* 2012 Aug;22(4):612-9. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.01.005. Epub 2012 Feb 15
33. *Rey E, Lago-Peñas C, Lago-Ballesteros J.* Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012 Dec;22(6):866-72. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.06.003. Epub 2012 Jul 7.
34. *Maeda N.* Symmetry tensiomyographic neuromuscular response after chronic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Knee Surg Sports traumatol Arthrosc* 2017 Mar 2. doi: 10.1007/s00167-017-4460-7. [Epub ahead of print]
35. *Garcia O.* Baseline Mechanical and Neuromuscular Profile of Knee Extensor and Flexor Muscles in Professional Soccer Players at the Start of the Pre-Season., *J Hum Kinet* 2017 Aug 1;58:23-34
36. *R. D'Onofrio, S. Bruno , A. Pintus , G. Ventrone,* Muscle Imbalance asimmetrie nei rapporti Quadricipite/ischio crurali 2° parte *Scienze & Sport* 2014– gennaio –Marzo 21, -78.-81
37. *R. L. Begalle ,* Quadriceps and Hamstrings Coactivation During Common Therapeutic Exercises *Journal of Athletic Training* 2012;47(4):396–405
38. *R. D'Onofrio,* Epidemiologia degli infortuni nel Calcio - *Professione Fitness* 2003,3;64-66
39. *Pinto MD,* Hamstring-to-quadriceps fatigue ratio offers new and different muscle function information than the conventional non-fatigued ratio. *Scand J Med Sci Sport* 2018 Jan;28(1):282-293.
40. *Lord C .*Change in knee flexor torque after fatiguing exercise identifies previous hamstring injury in football player *Scand J Med Sci Sports* 2017 Nov 8. doi: 10.1111/sms.13007. [Epub ahead of print]
41. *Fousekis K.* Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med* 2010 45(9):709-14 · November 2010 doi:10.1136/bjism.
42. *Aguilar AJ, Di Stefano LJ, Brown CN, Herman DC, Guskiewicz KM, Padua DA.*A dynamic warm-up model increases quadriceps strength and hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2012 Apr;26(4):1130-41
43. *R D Hawkins M A Hulse, C Wilkinson* The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football *Br J Sports Med* 2001; 35:43-47
44. *Daniel DM Stone ML* the one leg hop for distance, *Am J. Knee surg,* 1: 212 – 213,1988
45. *Kannus, P.* (Ratio of hamstrings to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee: relationship to long-term recovery *Phys Ther* 1988 ; 69, 961 - 965
46. *G. Zaccherotti, Aglietti P. et.al.* A comparison between patellar tendon and doubled semitendinous/graciliis tendon for Anterior cruciate ligament reconstruction. A minimum five – years follow – up *J. Sports Traum.* 19,2,57 1997)
47. *Marder R.A. Raskind J.R. Carroll M.* Prospective evolution of Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction *Am. J. Sports Med ,*19,478,1991 .

48. Lee JWY Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J. Sci Med Sport* 2017 Dec 5. pii: S1440-2440(17)31822-4.
49. Harter RA, Osternig LR, Standifer LW. Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstrings symmetry following anterior cruciate ligament reconstruction.: *Arch Phys Med Rehabil.* 1990 Jun;71(7):465-8.
50. Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. Consequences and prediction of hamstring muscle injury with concentric and eccentric isokinetic parameters in elite soccer players] *Ann Readapt Med Phys.* 2003 Dec;46(9):601-6.
51. Woods C, Hawkins RD, 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. *Br J Sports Med.* 2004 Feb;38(1):36-41
52. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 2004 Jan-Feb;32(1 Suppl):5S-16S
53. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003 Jan-Feb;31(1):41-6.
54. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.* 2004;34(7):443-9.)
55. 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.* 2003 Aug;13(4):244-50.
56. Willadsen EM, Zahn AB, Durall CJ. What is the Most Effective Training Approach for Preventing Noncontact ACL Injuries in High School Aged Female Athletes? *J Sport Rehabil.* 2017 Sep 5:1-15. doi: 10.1123/jsr.2017-0055. [Epub ahead of print]
57. Roi GS I protocolli GISMI per il test isocinetico del ginocchio *Notiziario GISMI* 1:1 marzo 1993
58. Camic C.L., Kovacs A. J., Enquist E. A., McLain T. A. & Hill E. C. (2015). Muscle activation of the quadriceps and hamstrings during incremental running. *Muscle & Nerve* 52 (6); 1023-1029.
59. Furya E. (2011) (editor). *The big book of bicycling: Everything you need to know, from buying your first bike to riding your best.* Rodale Inc. USA.
60. Hug F. & Dorel S. Electromyographic analysis of pedaling: A review. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 19 (2009); 182–198.
61. Knapik J.J., Bauman C.L., Jones B.H., Harris J.M. & Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med* (1991). 19 (1); 76-81.
62. Sundby Q.H. & Gorelick M. (2014). Relationship between functional hamstring: quadriceps ratios and running economy in highly trained and recreational female runners. *Journal of strength and conditioning research* 28 (8); 2214-27.



Info Scientific article



D'Onofrio R., Apostolopoulos N., Bhatt J., Padasala M., Bjelica B., Joksimović M., Aiello P., Licciardi A.
 Asimmetrie nel rapporto quadricipite/ischio crurali e sue correlazioni con le lesioni muscolari . Una analisi retroattiva della letteratura.
 Ita. J. Sports Reh. Po.; 2019 ; 6 ; 1 ; 1151 -1167
 ISSN 2385-1988 [online]
 IBSN 007-111-19 - 55
 CGI J OAJI :0,101.

Corresponding Author



Corresponding author

First author : Rosario D'Onofrio

Rehab Conditioning Specialist and Athletic Trainers in Rehabilitation

Sapienza University of Rome - Italy.

E mail : r.donofrio@alice.it

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge staff in the sports department in colleges and basketball players for the participants in the study.

Declaration of interest

The authors declare that they have no financial, consulting, and personal relationships with other people or organizations that could influence the author's work.

Author's Contributions

All authors played a significant role in this project; All authors were involved in drafting the manuscript critically for important content, and all authors approved the final version.

Info Journal



Publication Start Year : 2014
Country of Publication: Italy
Title Abbreviation: Ita. J. Sports Reh. Po.
Language : Italian/ English
Publication Type(s) : No Periodical
Open Access Journal : Free
ISSN : 2385-1988 [Online]
IBSN : 007-111-19-55
ISI Impact Factor: CGIJ OAJI :0,101
Index/website : Open Academic Journals Index , www.oaji.net/
 Google Scholar – Google Citations
www.facebook.com/Ita.J.Sports.Reh.Po
Info: journalsportsrehabilitation@gmail.com

