

EXERCISE IS MEDICINE

LINEE GUIDA ISMILT PER IL
TRATTAMENTO DELLE LESIONI MUSCOLARI
DELL'ATLETA PROFESSIONISTA E NON

Technogym Global Partner of:



An initiative of the
American College of Sports Medicine

TECHNOGYM

The Wellness Company

EXERCISE IS MEDICINE

LINEE GUIDA ISMILT PER IL
TRATTAMENTO DELLE LESIONI MUSCOLARI
DELL'ATLETA PROFESSIONISTA E NON

INDICE

EPIDEMIOLOGIA _____ 00

ANATOMIA BIOLOGICA, BIOMECCANICA
E CENNI DI FISIOLOGIA _____ 00

CLASSIFICAZIONE _____ 00

SINTOMI ED ESAME OBIETTIVO _____ 00

VARIANTI E PARTICOLARITÀ CLINICHE _____ 00

COMPLICANZE _____ 00

INFORTUNIO NON STRUTTURALE
CORRELATO A MIOPATIA SUBCLINICA _____ 00

INDAGINI STRUMENTALI _____ 00

PREVENZIONE _____ 00

RECIDIVE _____ 00

TRATTAMENTO CONSERVATIVO _____ 00

TERAPIE FISICHE STRUMENTALI _____ 00

TERAPIA FARMACOLOGICA
INFILTRATIVA _____ 00

TERAPIA CHIRURGICA _____ 00

INTRODUZIONE

Gli infortuni muscolari sono frequenti in molte attività sportive, nella vita quotidiana e lavorativa, quindi anche in persone che non praticano sport. Nonostante l'alta frequenza di episodi traumatici che vedono protagonisti i muscoli, i corretti principi di trattamento non hanno ancora trovato una diffusione capillare, non solo tra gli operatori sanitari che si imbattono saltuariamente in questa patologia, ma anche tra gli addetti ai lavori. Infatti capita ancora di vedere applicare un'immobilizzazione gessata per una lesione del gemello mediale, oppure di veder trattare una lesione muscolare, e conseguente ematoma, con calore e massaggio decontratturante, già nei primi 2-5 giorni dopo l'infortunio. L'insorgenza di complicanze e di recidive dopo lesione muscolare sono ancora alte (12% - 30% in alcuni gruppi muscolari come gli hamstring).

Si è sentita quindi l'esigenza di fare il punto della situazione su questi infortuni, partendo dalla classificazione fino ad arrivare al concetto di riabilitazione completa dell'atleta dopo trattamento conservativo oppure dopo intervento chirurgico, quest'ultimo indicato nelle lesioni molto gravi ed invalidanti per gli atleti. L'esperienza comune ci ha fatto capire come spesso gli infortuni muscolari, sui quali le indagini strumentali, anche se ben condotte, risultano negative per lesione, siano in realtà difficili da catalogare e da curare ed impegnano severamente lo staff sanitario, causando, a volte, incomprensioni con l'allenatore e l'atleta stesso. Per ciò che riguarda gli hamstring, ad esempio, recenti studi su squadre di calcio professionistiche, hanno rilevato come il 70% degli infortuni muscolari abbiano una risonanza magnetica nucleare negativa o tutt'al più positiva per edema, ma non per lesione, pur essendo responsabili di oltre il 50% del totale delle assenze dei calciatori per problematiche muscolari.

Questi stessi studi hanno finalmente dato, a questa categoria di infortuni muscolari da trauma indiretto, una precisa identità classificativa con sintomi e segni clinici che ne agevolano la diagnosi. A questo proposito uno degli obiettivi di queste linee guida è stato quello di richiamare l'attenzione sull'importanza di arrivare già con la clinica (anamnesi ed esame obiettivo) a formulare un sospetto diagnostico preciso prima di andare a studiare il paziente con ecografia e più ancora con risonanza magnetica nucleare. La raccolta di un'anamnesi completa (sintomi, meccanismo traumatico, precedenti infortuni) ed un attento esame obiettivo (ecchimosi cutanee e gonfiori, palpazione del muscolo, test di estensibilità correttamente effettuato, test di contrazione con o senza resistenza manuale) insieme ad un esame ecografico ben eseguito, possono già formulare una diagnosi certa nella maggior parte dei pazienti, soprattutto se non sportivi oppure se sportivi non professionisti.

L'indicazione ad eseguire una risonanza magnetica nucleare, tenendo presente che la maggior parte dei lavori scientifici adotta macchine da 1.5-3 Tesla per una definizione dell'immagine che sia utile allo studio dell'unità muscolo-tendinea, deve necessariamente essere molto chiara e precisa. Tutto questo in una logica di risparmio economico ed accesso disciplinato a strutture sanitarie che altrimenti sarebbero invase ogni giorno da richieste di esami, obiettivamente difficili da giustificare.

EPIDEMIOLOGIA

EPIDEMIOLOGIA

Gli infortuni muscolari sono eventi traumatici di comune riscontro nella pratica clinica. Essi si possono verificare sia durante lo svolgimento di comuni azioni della vita quotidiana o lavorativa sia nella pratica sportiva, dove costituiscono una delle principali cause di assenza da allenamenti e competizioni di atleti dilettanti e professionisti. I dati epidemiologici rilevati in letteratura si riferiscono sostanzialmente alla traumatologia sportiva e variano dal 10 al 55% degli infortuni totali, in funzione dello sport praticato¹. Attualmente non vi sono precise informazioni che descrivano se gli infortuni muscolari, nella popolazione generale fisicamente attiva, siano distribuiti in modo simile a quelli negli atleti². Gli infortuni muscolari possono essenzialmente determinarsi con due meccanismi: a seguito di un trauma diretto, più frequente negli sport di contatto (calcio, pallacanestro, rugby) o a seguito di un trauma indiretto, frequente sia negli sport da contatto sia in quelli individuali (atletica leggera, tennis) (Figura 1A e 1B).



1A



1B

Nell'infortunio da trauma diretto (figura 1A) la forza viene applicata dall'esterno e agisce sul muscolo schiacciandolo contro i piani più profondi. Il danno che ne consegue è variabile in funzione di diversi fattori, tra cui la violenza del trauma e lo stato di contrazione, al momento del trauma, del muscolo colpito³. I muscoli più frequentemente interessati sono il deltoide per l'arto superiore, il quadricipite (soprattutto il vasto laterale) e i gemelli (soprattutto quello laterale) per l'arto inferiore. Nell'infortunio da trauma indiretto (figura 1B) manca l'applicazione diretta di una forza traumatica esterna. I fattori determinanti sono molteplici e spesso di difficile identificazione, anche se in tali meccanismi è spesso implicata un'azione muscolare di tipo eccentrico. I muscoli che più frequentemente vanno incontro a infortuni da trauma indiretto sono quelli che governano movimenti di più di un'articolazione, come il bicipite brachiale nell'arto superiore e gli ischiocrurali nell'arto inferiore⁴. Tali muscoli, tutti biarticolari, si lesionano più frequentemente a livello della giunzione mio-tendinea⁵.

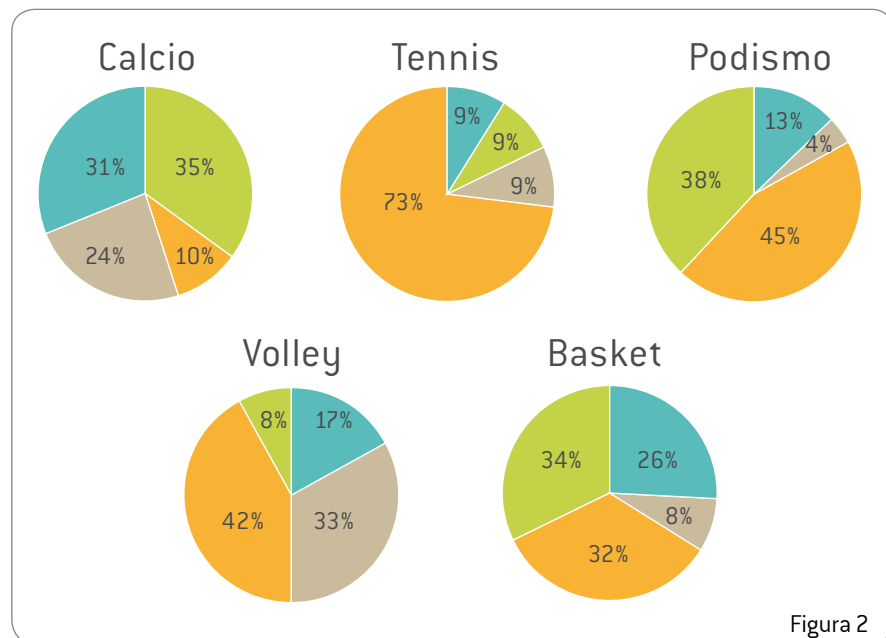


Figura 2. Infortuni muscolari strutturali da trauma indiretto nell'arto inferiore. Coinvolgimento e distribuzione nei muscoli più frequentemente colpiti nei diversi sport (celeste = bicipite femorale, giallo = retto femorale, rosso = gemello mediale, verde = distretti differenti) Casistica di 1037 infortuni strutturali da trauma diretto. 2000-2008. Nanni e Coll, Isokinetic – Bologna.

Nel calcio professionistico, ad esempio, rappresentano in media il 31% di tutti gli infortuni con punte fino a 45% e sono responsabili del 25% del totale dei giorni di assenze da allenamenti e gare. Un recente studio ha messo in evidenza come una squadra professionistica con 25 calciatori possa aspettarsi durante l'intera stagione agonistica ben 5 lesioni degli hamstring e 3 lesioni del quadricipite (in particolare del retto femorale) da trauma indiretto⁶. Il 96% degli infortuni muscolari nel calcio non sono dovuti a trauma da contatto; gli infortuni strutturali agli hamstring e al retto femorale costituiscono oltre il 50% di tutti gli infortuni muscolari dello stesso tipo. Quelli a carico degli adduttori e del quadricipite sono più frequenti nell'arto utilizzato per calciare. Il portiere subisce meno infortuni muscolari rispetto agli altri ruoli⁶.

Nei giovani calciatori in età compresa fra 14 e 19 anni la percentuale degli infortuni muscolari è intorno al 30-34% di tutti gli infortuni, quindi molto simile a quella dei calciatori adulti. Per quelli più giovani ancora la percentuale di infortuni strutturali da trauma indiretto diminuisce sensibilmente⁷. Nei calciatori professionisti l'incidenza degli infortuni muscolari aumenta con l'età. In allenamento è di 1,19/1000 ore di attività per i calciatori con età < 22 anni, mentre è di 1,63 per i calciatori >30 anni. In competizione rispettivamente di 6,6 contro il 9,54/1000 ore⁶. L'incidenza è simile anche nel calcio femminile. L'età sicuramente predispone agli infortuni muscolari strutturali da trauma indiretto. In particolare per ciò che concerne il tricipite surale. Questi infatti diventano molto più frequenti dai 40 anni in avanti, specie in quegli sport che richiedono bruschi cambi di direzione (squash, tennis)⁸ (Figura 3).

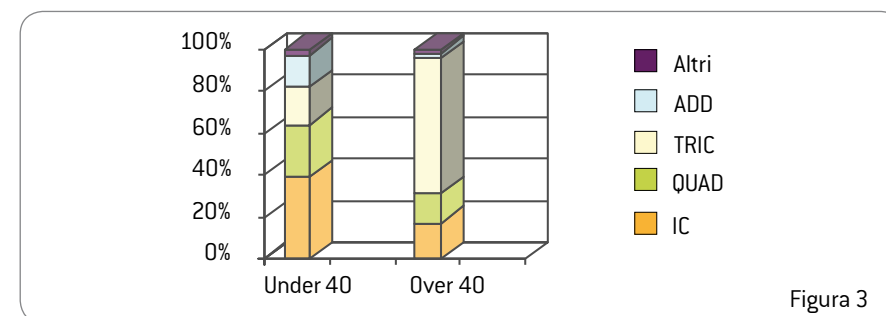


Figura 3. Distribuzione degli infortuni strutturali nei muscoli dell'arto inferiore negli sportivi sotto e sopra i 40 anni. (ADD=adduttori, TRIC=tricipite surale, QUAD=quadricipite, IC=ischio crurali, altri=altri distretti muscolari dell'arto inferiore) Casistica di 1037 infortuni strutturali da trauma diretto. 2000-2008. Nanni e Coll, Isokinetic – Bologna.

L'età, infatti, determina modificazioni del tessuto muscolare, nell'ambito del quale le unità motorie subiscono un riarrangiamento conseguente alla denervazione determinata dal processo di invecchiamento stesso. Così le unità motorie superstiti devono farsi carico anche del lavoro non svolto dalle fibre muscolari denervate, aumentando in dimensioni, ma peggiorando la loro capacità di graduare finemente l'intensità della forza. In altre discipline sportive l'incidenza delle lesioni muscolari è variabile: il 16% in atletica leggera, il 18% nella

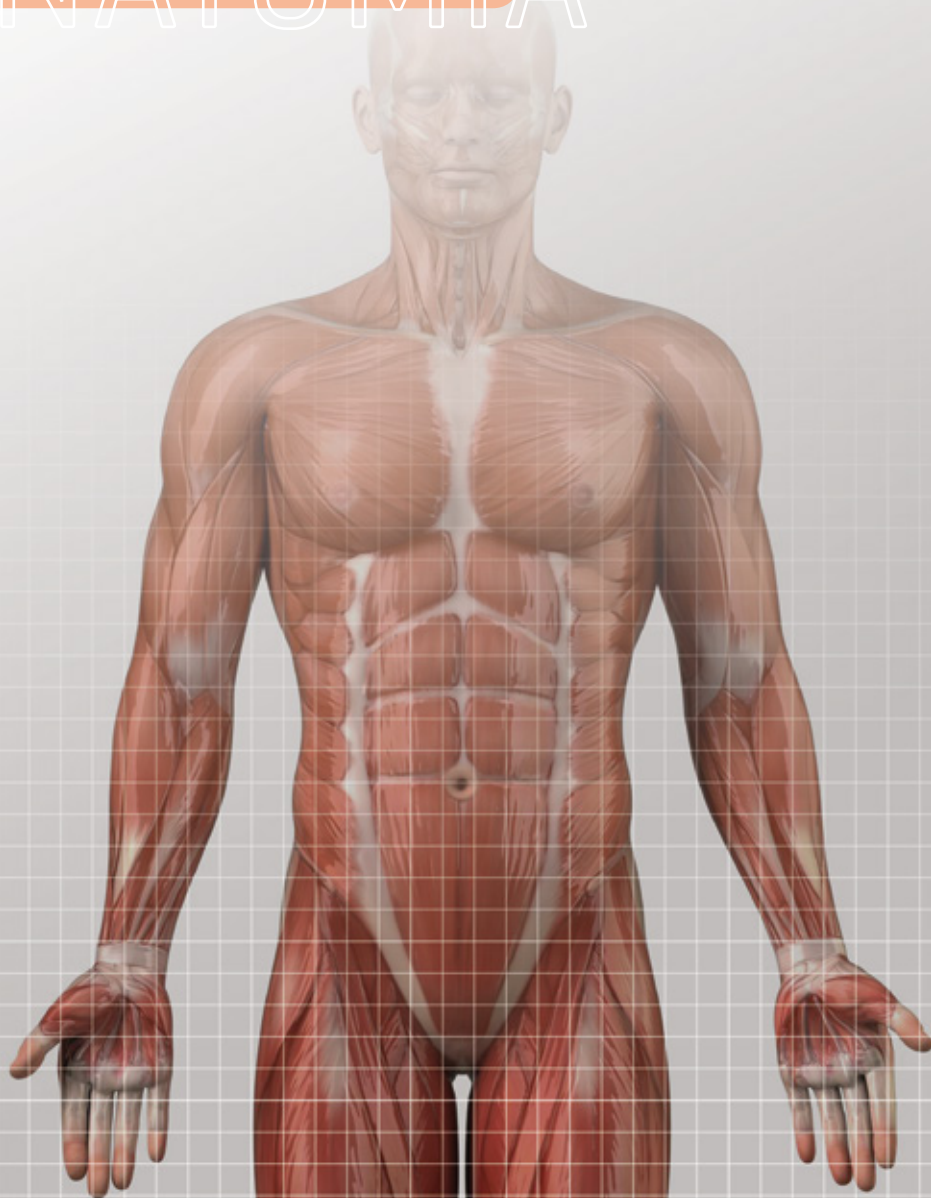
pallacanestro e l'11% nel rugby. Anche in questi sport i muscoli più colpiti sono sempre gli hamstring, il quadricipite e il gruppo degli adduttori ^{9, 10, 11} (Figura 2). I tentativi per cercare di ridurre l'incidenza degli infortuni muscolari sono continui e numerosi. Tutti gli autori sono comunque concordi nel sostenere che alla base di una corretta prevenzione ci sia la necessità di conoscere e rimuovere, ove possibile, condizioni predisponenti e fattori di rischio, agendo anche sullo sviluppo di programmi di protezione mirati per infortuni sport-specifici. E' noto infatti come alcuni infortuni siano particolarmente frequenti in determinate discipline sportive, come per esempio l'infortunio strutturale da trauma indiretto del terzo distale del gemello mediale nel tennis, tanto caratteristico da assumere l'appellativo di "tennis-leg", quella degli hamstring nel calcio e negli sprinters, quella degli adduttori nell'hockey.

BIBLIOGRAFIA

1. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, et al. Muscle injuries. Biology and treatment. *Am J Sports Med* 2005; 33:745-64.
2. Hootman JM, Macera CA, Ainsworth BE et al. Epidemiology of musculoskeletal injuries among sedentary and physically active adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 May;34(5):838-44.
3. Walton M, Rothwell AG. Reaction of tight tissue of sheep to blunt of trauma. *Clin. Orthop.* 176:273, 1986
4. Garrett WE Jr. Muscle strain injuries: clinical and basic aspects MSSE. 1990 Aug;22(4):436-43.
5. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first time hamstring strains during high-speed running. *Am. J. Sports Med.* Vol 35, 2: 197-206, 2007
6. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of muscle injuries in professional football [soccer]. *Am J Sports Med* 2011; 39:1226-32.
7. Brito J, Malina RM, Seabra A, et al. Injuries in Portuguese youth soccer players during training and match play. *J Athl Train*, 2012 Mar-Apr;47(2): 191-7
8. Lachmann S. Soft tissue injuries in sport. Blackwell Scientific Publications, Oxford, G.B., 1988.
9. Malliaropoulos N, Papacostas E, Kiritsi O, et al. Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med* 2010; 38:1813-19.
10. Borowski LA, Yard EE, Fields SK, et al. The epidemiology of US high school basketball injuries, 2005-2007. *Am J Sports Med* 2008; 36:2328-35.
11. Lopez V Jr, Galano GJ, Black CM, et al. Profile of American amateur rugby union sevens series. *Am J Sports Med* 2012; 40:179-84.

ANATOMIA

ANATOMIA



Ciascun muscolo è formato da numerose cellule chiamate fibre muscolari. La guaina di tessuto connettivo che circonda il muscolo, chiamata Epimisio, unisce il muscolo allo scheletro. Singole fibre muscolari si raggruppano insieme per formare fascicoli, circondati da un altro tessuto connettivo chiamato perimisio. All'interno del perimisio sono localizzati i vasi sanguigni e i nervi destinati alle singole fibre muscolari. Uno strato di tessuto connettivo, chiamato endomisio, circonda ciascuna di queste fibre. Una fibra muscolare è costituita da una singola cellula: ogni fibra durante lo sviluppo deriva da diverse cellule indifferenziate che si fondono tra loro. Le singole cellule muscolari scheletriche sono sottili, da 10 a 80 μm di diametro, ma possono essere molto allungate fino a 25 cm di lunghezza. La membrana cellulare della fibra muscolare, chiamata Sarcolemma, contiene il citoplasma chiamato Sarcoplasma al cui interno si possono osservare piccoli nuclei ovalari e numerosi mitocondri. Il Sarcoplasma contiene abbondanti strutture filiformi e parallele denominate Miofibrille. Le unità funzionali del muscolo scheletrico sono i Sarcomeri. Ogni Sarcomero contiene la proteina Miosina (il filamento sottile) e la proteina Actina (il filamento spesso). L'interazione di queste due proteine permette la contrazione muscolare.

CLASSIFICAZIONE DELLE FIBRE

Alcune tecniche di classificazione differenziano le fibre in base alle isoforme della Miosina oppure su alcune caratteristiche fisiologiche. La molecola della Miosina è composta di 6 polipeptidi: 2 catene pesanti e 4 catene leggere (2 regolatorie e 2 alcaliniche). Una catena leggera regolatoria e una alcalinica sono associate ad ogni catena pesante. Le catene pesanti contengono le teste della Miosina che interagiscono con l'Actina permettendo al muscolo di contrarsi. La catena pesante della Miosina contiene anche il sito di aggancio per l'adenosina trifosfato (ATP) funzionando da enzima (adenosintrifosfatasi [ATPasi]) per l'idrolizzazione dell'ATP, processo che produce l'energia necessaria alla contrazione muscolare¹. Il filamento sottile è costituito da Actina e 2 proteine regolatorie, la Troponina e la Tropomiosina. Quando la fibra muscolare riceve uno stimolo nella forma di una azione potenziale, gli ioni Ca^{2+} vengono rilasciati dal reticolo Sarcoplasmatico. Il calcio poi si lega alla

Troponina e attraverso la Tropomiosina espone i siti di attacco della Miosina sulla molecola della Actina. La testa della Miosina lega l'Actina tirando il filamento sottile lungo il filamento spesso permettendo al Sarcomero di accorciarsi. Fino a quando dispongono di Ca^{2+} e ATP, le teste di Miosina si attaccheranno alle molecole di Actina, agganciandola, rilasciandola e riagganciandola. Questo processo è noto con il nome di "cross-bridge cycling"². Inizialmente tutti i muscoli sono stati classificati in base alla velocità di accorciamento, quindi in veloci o lenti. Il colore più o meno rosso è il risultato dell'alto contenuto di Mioglobina e di capillari³. Più Mioglobina e capillari ci sono più è alta la capacità ossidativa delle fibre rosse rispetto a quelle bianche. L'analisi istologica mostra che esiste una correlazione tra la attività della Miosina e la velocità di accorciamento di un muscolo. Questa analisi istochimica è alla base della iniziale divisione in Fibre di I tipo (lente) di II tipo (veloci). In principio furono identificati solo 3 tipi di fibre: I, IIA, e IIB. Recentemente grazie alle colorazioni istochimiche della Miosina ATPasi, sono stati identificati altri tipi: IC, IIC, IIAC, e IIAB, pertanto oggi contiamo 7 tipi di fibre muscolari (dalle più lente alle più veloci). (Figura 1)

FYBER TYPE CLASSIFICATION		
mATPase	mysion heavy chain	biomechanical
I - IC - IIC - IIAC	MHCI	SO
IIA - IIAB	MHCIIa ?	? FOG
IIB	MHCIIx/d [IIB] ?	? FG

Figura 1

Figura 1: Comparazione delle 3 diverse modalità di classificazione delle fibre muscolari. I punti interrogativi evidenziano mancanza di correlazione tra i 3 diversi metodi. From: Scott W, Stevens J, Binder-Macleod SA. Human skeletal muscle fiber type classifications. Phys Ther. 2001;81(11):1810-1816. Copyright 2001 by Physical Therapy. Per gentile concessione.

CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ MOTORIE

Il sistema neuromuscolare è basato sull'Unità Motoria, a sua volta formata da un alfa motoneurone (che parte dal midollo spinale) e da tutte le fibre muscolari da esso innervate. Le unità motorie possono essere classificate secondo le caratteristiche della contrattilità e della fatica delle fibre muscolari. Se prendiamo in considerazione la velocità di contrazione le fibre muscolari possono essere divise in fibre a contrazione lenta (S) o contrazione veloce (F). Le unità motorie F possono essere suddivise ulteriormente in: contrazione rapida resistente alla fatica (FR), fibre a contrazione rapida affaticabili (fast-twitch fatigable, FF), contrazione rapida a con caratteristiche intermedie (Fint).

LA GIUNZIONE MIOTENDINEA

La giunzione Miotendinea è una regione anatomica specializzata che connette il muscolo scheletrico ad un tendine, e costituisce con il muscolo una unità complessa biomeccanica. Strutturalmente la Giunzione Miotendinea è localizzata alle estremità delle fibre muscolari scheletriche, dove le miofibrille terminano, in corrispondenza della membrana cellulare, e prendono contatto con le fibre tendinee. Pertanto rappresenta la sede fondamentale di trasmissione della forza dalle miofibrille, attraverso il sarcoplasma sino alla matrice extracellulare⁴. A livello della giunzione, il muscolo è in grado di incrementare enormemente l'area di contatto con il tendine, grazie a numerose e profonde interdigitazioni della membrana cellulare, che permettono alla giunzione di resistere alla contrazione muscolare in un range da 1.8 a 3.5×10^4 N/m²⁴. Le interdigitazioni della membrana sarcoplasmatica trasmettono la forza di contrazione muscolare alle fibre tendinee con direzione tangenziale a queste ultime, in modo che la tensione sia successivamente trasmessa alle articolazioni e alle ossa. L'esercizio fisico può provocare modifiche nell'architettura delle fibre: l'orientamento delle invaginazioni cambia, e l'angolo compreso tra le ramificazioni e l'asse longitudinale delle fibre muscolari è significativamente aumentato dall'esercizio fisico. Inoltre l'esercizio

fisico induce un maggior numero di ramificazioni per ciascun processo digitiforme⁵. La tensione delle interdigitazioni è minore durante il riposo che nella corsa⁶.

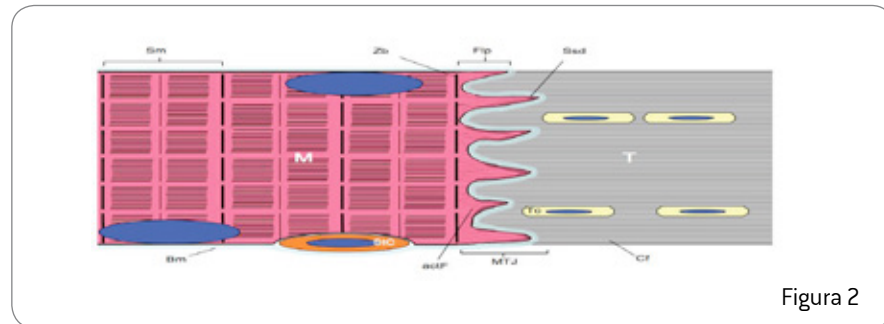


Figura 2

Figura: 2. Rappresentazione schematica della giunzione miotendinea nell'adulto (sezione parasagittale). Le fibre di collagene, prodotte dai tenociti sono ancorate perpendicolarmente al sarcolemma delle interdigitazioni. Le zone terminali delle interdigitazioni subsarcolemmatiche corrispondono al lato muscolare e sono composte da proteine complesse di ancoraggio che connettono filamenti di Actina dalla ultima banda Z alla matrice extracellulare tendinea. actF: Filamento di Actina dalla ultima banda Z; Bm: Membrana Basale; C: Fibre di Collagene; Fip: Interdigitazioni; M: Muscolo; Sm: Sarcomero; Ssd: Sub-sarcolemma; StC: Cellule Satellite ; T: Tendine; Tc: Tenocita; Zb: Banda Z.

PROTEINE ELASTICHE ED ALTRE PROTEINE

I sarcomeri possiedono anche una fondamentale componente elastica. L'elasticità del sarcomero deriva principalmente da proteine accessorie, alcune delle quali ancora sconosciute, che sono in grado di modulare la flessibilità delle miofibrille in risposta alle forze a cui sono sottoposte. Una di queste è la Titina (anche conosciuta come Connettina), un polipeptide lungo abbastanza da collegare con una singola molecola il filamento spesso e quello sottile longitudinalmente nello spazio tra la banda M e la Z. Le molecole di Titina

possono coprire la lunghezza di mezzo sarcomero collegando la banda M e la Z, ma solo la parte della Titina localizzata nella banda I ha una funzione elastica⁷. La Titina, il collagene e la MHC-1 hanno verosimilmente un ruolo nella produzione delle tensioni attive e passive e nella segnalazione meccanosensitiva^{8,9}. In breve sembra che la Titina e altre proteine, tra le quali la Miomesina, abbiano delle proprietà stabilizzanti la banda M: quest'ultima appare essere la zona elastica del sarcomero, riuscendo a dissipare le forze e a stabilizzare i filamenti sottili e spessi¹⁰. Nonostante le recenti acquisizioni l'architettura molecolare della banda M è ampiamente sconosciuta e lo studio di queste particolari proteine citoscheletriche sembra essere la chiave di volta per capire il meccanismo elastico del muscolo scheletrico¹¹.

La Nebulina è una proteina molto grande non elastica si estende lungo i filamenti sottili e si attacca ai dischi Z, la nebulina garantisce l'allineamento dei filamenti di actina del sarcomero. L' Alfa Actina che si trova nelle linee Z contribuisce all'ancoraggio e al mantenimento dell'organizzazione spaziale dei filamenti sottili. Altre proteine sono la Distrofina (427kDa) che è posizionata al di sotto del sarcolemma e contribuisce a trasferire la forza sul lato esterno delle cellule e la Laminina. La mancanza di queste ultime proteine è associata ad una grave malattia chiamata distrofia muscolare. Durante lo sviluppo embrionale e nella età adulta una famiglia di proteoglicani transmembrana eparansolfati (HSPGs) conosciuti come Sindecani sono stati indicati avere un ruolo nello sviluppo e nella omeostasi del muscolo scheletrico. In particolare i Sindecani 3 e 4 sembrano essere coinvolti nella regolazione dei segnali di controllo delle cellule mesenchimali residenti satelliti quiescenti¹². Il Transforming growth factor- β 1 (TGF- β 1) ha un ruolo significativo messo in evidenza da non molti anni nella induzione della fibrosi durante la guarigione post-lesione nel muscolo scheletrico, in particolare sembra agire nella differenziazione delle cellule miogeniche in miofibroblasti. Tra gli antagonisti nella funzione pro-fibrotica del TGF- β 1, ricordiamo l'interferone gamma (INF- γ), la Suramina, la Relaxina, e la Decorina (DCN): infatti queste ultime proteine migliorano la guarigione del muscolo.

FISIOLOGIA DELLA GUARIGIONE DEL MUSCOLO SCHELETRICO

Il processo di guarigione di un muscolo scheletrico danneggiato segue un modello costante, indipendentemente dal tipo di trauma [diretto o indiretto]. Sono state identificate tre fasi in questo processo:

- Fase infiammatoria, caratterizzata dalla rottura e dalla necrosi delle miofibrille, dalla formazione di un ematoma fra i monconi del muscolo e dalla reazione infiammatoria cellulare;
- Fase di rigenerazione, rappresentata dalla fagocitosi del tessuto necrotizzato, dalla rigenerazione delle miofibrille e dalla produzione concomitante di una cicatrice di tessuto connettivo, così come dalla proliferazione capillare nella zona danneggiata.
- Fase di rimodellamento, durante la quale avvengono la maturazione delle miofibrille rigenerate, il rimodellamento e la riorganizzazione del tessuto cicatriziale ed infine il recupero della capacità funzionale del muscolo. Le ultime due fasi, riparazione e rimodellamento, sono solitamente associate o sovrapposte^{14,15}.

FISIOLOGIA DELLA CONTRAZIONE

Il muscolo è un tessuto dotato nel tempo di notevole adattabilità agli stimoli: le modificazioni prodotte da un determinato livello di stress fisico sul muscolo sono state ampiamente studiate. L'attività del muscolo si esplica attraverso la contrazione muscolare, per definizione il processo attraverso il quale si genera forza all'interno del muscolo stesso. Come già accennato, la contrazione muscolare dipende dall'interazione di due tipi di filamenti proteici. (Figura 3)

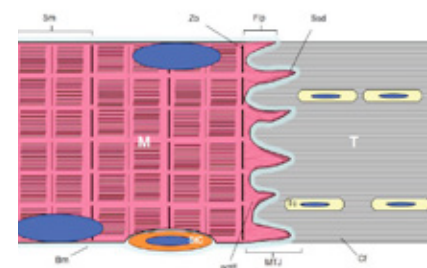


Figura 3

Figura 3: Funzione regolatoria della Troponina e della Tropomiosina. La Troponina è una proteina piccola e globulare formata da 3 sottunità (TnT, TnI, TnC). (A) In condizioni di riposo: La Tropomiosina a riposo blocca i siti attivi della Actina prevenendo il legame tra l' Actina e la Miosina. (B) Durante la contrazione: Quando la Troponina lega gli ioni di Ca^{2+} , cambia la sua conformazione pertanto disattiva la tropomiosina permettendo ai filamenti di Actina di esporre le teste di miosina in modo che si possano legare alla actina in modo da permettere la contrazione. From Plowman SA, Smith DL. Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance. Boston, Mass: Allyn & Bacon; 1997:433. Copyright 1997 by Allyn & Bacon. Per gentile concessione.

Gli studi sperimentali di Gordon definirono la precisa correlazione tra la sovrapposizione e lo scorrimento dei miofilamenti con la generazione di tensione del muscolo, descritta come curva lunghezza-tensione¹⁸. Le contrazioni vengono distinte in statiche, o isometriche, e dinamiche, o anisometriche.

Nelle prime il muscolo, pur producendo tensione, non attua un avvicinamento dei capi articolari, e da un punto di vista meccanico non produce lavoro: in questa situazione si sviluppa la forza massima volontaria dato che vengono reclutate il massimo numero di fibre possibile (ma ciò non corrisponde alla totalità delle fibre presenti nel muscolo): il carico è troppo grande perché il muscolo lo possa sollevare, e la velocità diviene zero. Quando invece al muscolo viene richiesto di spostare un carico che è inferiore alla massima tensione, il muscolo inizia ad accorciarsi^{17,18}: si parla in tale situazione di contrazione concentrica. La velocità è inversamente proporzionale al carico: se il carico aumenta, la velocità di accorciamento diminuisce fino al punto in cui il muscolo non è più in grado di sollevarlo, ovvero diventando una contrazione isometrica. Quando invece il carico cui è sottoposto un muscolo supera la sua forza massimale, si produce una contrazione eccentrica, cioè si determina un allungamento del muscolo, un allontanamento dei suoi capi articolari.

Oltre un certo limite, l'allungamento muscolare viene limitato dal riflesso miotatico, o riflesso di stiramento. Con tale termine si indica un meccanismo di autodifesa messo in atto

quando un muscolo è allungato eccessivamente, per salvaguardarlo da possibili traumi. Tale meccanismo provoca la contrazione muscolare senza l'intervento della volontà. I muscoli sono dotati di diversi tipi di recettori che ne sovrintendono il funzionamento: l'integrità di questo sistema muscolare è garantita dai fusi-neuromuscolari e dagli organi del Golgi.

MECCANISMO DELLA LESIONE MUSCOLARE

Negli ultimi anni si sono moltiplicati gli sforzi per comprendere i meccanismi alla base della lesione e della riparazione del tessuto muscolare. Al crescere delle conoscenze appare importante non solo osservare la lesione muscolare in se stessa ma integrarla con lo studio dei tessuti circostanti quali tendini e giunzioni miotendinee, connettivi, vasi e nervi¹⁶. In molti lavori presenti in letteratura si concorda che, nei traumi diretti, la lesione muscolare avviene direttamente o immediatamente nelle vicinanze della sede d'impatto, mentre nei traumi indiretti la lesione è solitamente localizzata nella parte terminale della fibra muscolare o alla giunzione miotendinea¹⁴. Studi più recenti affermano che il danno muscolare coinvolge la porzione del corpo carnosio muscolare più vicina alla giunzione miotendinea⁴. Conseguenza del trauma è l'interruzione del sarcoplasma con conseguente necrosi delle miofibre; data la conformazione di queste ultime, la lesione potenzialmente si potrebbe espandere per tutta la lunghezza della fibra; tuttavia la presenza di una struttura specifica, la banda di contrazione, consente nel giro di qualche ora di interrompere il propagarsi della necrosi agendo come un compartimento stagno¹⁴.

Il danno strutturale della fibra muscolare può essere causato da una singola contrazione muscolare come dall'effetto cumulativo di una serie di più contrazioni. In effetti si trova accordo in letteratura che la contrazione eccentrica risulta la più comunemente coinvolta nel danno muscolare^{14,15}. La ragione è imputabile alla maggior produzione di forza che si riscontra durante una contrazione di tipo eccentrico rispetto alle contrazioni isometriche o concentriche. La contrazione eccentrica ha un effetto specifico: durante la pratica sportiva permette al complesso muscolo-tendineo di sostenere lo sforzo e rinforza l'azione muscolare di stabilizzazione articolare. Tuttavia la contrazione eccentrica, se eccessiva, produce effetti dannosi: dolore muscolare a insorgenza ritardata, rottura muscolare, le

lesioni tendinee acute, tendinopatie e rotture tendinee. La maggior produzione di forza durante una contrazione eccentrica è dovuta alle capacità elastiche della coda della miosina, che grazie alle sue caratteristiche di braccio flessibile, permette di produrre una quantità maggiore di forza durante il distacco dei ponti acto-miosinici. Inoltre, il tessuto connettivale proprio del muscolo, sottoposto ad allungamento, genera passivamente un ulteriore incremento di forza¹⁹. È stato ipotizzato (e sperimentalmente dimostrato) che gli esercizi di resistenza eccentrica possono prevenire infortuni all'unità muscolo-tendinea incrementando la capacità del muscolo di assorbire una crescente energia prima della ricaduta: una forza maggiore ed una migliore capacità di assorbimento bio-meccanico sono i risultati di un training di allenamento della forza eccentrica²⁰.

Le attivazioni eccentriche, parimenti a quanto avviene nello stretching muscolare, decrementano la rigidità muscolare e la visco-elasticità del complesso muscolo-tendineo, in cui la viscosità rappresenta la capacità tissutale a deformarsi: tutto ciò porta ad una inefficace dispersione di energia. Un altro aspetto da prendere in considerazione è la condizione del muscolo al momento della contrazione eccentrica. Alcuni Autori suggeriscono che la forza muscolare è diminuita in un gruppo muscolare in posizione accorciata, mentre ciò non avviene se il medesimo gruppo muscolare è in allungamento. Questo si evidenzia con l'utilizzo dello stretching prima di un lavoro eccentrico, che risulterebbe preventivo per il dolore e la perdita di forza muscolare²¹. Quando un individuo non allenato compie un'attività fisica, in particolare se quest'ultima richiede contrazioni eccentriche in allungamento, può causare danni alle proprie fibre muscolari a partire da un'iniziale indolenzimento (DOMS) fino a conseguenze più gravi.

Alla riduzione di forza muscolare si accompagnano alterazioni sotto il profilo strutturale (danni a carico degli elementi contrattili e cito-scheletrici delle fibre), così come pure una diminuita capacità nel processo di accoppiamento eccitazione-contrazione. Allenamento consente di prevenire questi eventi traumatici: l'uso ripetuto di contrazioni eccentriche evoca un evidente adattamento del muscolo, grazie all'effetto di brevi periodi di attività intensa ripetuti. Di conseguenza, un'attività eccentrica ha effetti positivi se preventivamente conosciuta e sfruttata: perfino i protocolli di allenamento eccentrici più leggeri non producono alcun danno muscolare e sono sufficienti a garantire questo tipo di protezione. In sintesi, sebbene la precisa dinamica fisiologica rimanga in parte ancora irrisolta, l'esposizione

costante della giunzione miotendinea all'attività eccentrica determina un adattamento attivo della stiffness del muscolo che si sviluppa indipendentemente dall'incremento della dimensione o della forza del muscolo. Grazie alle forze di gran lunga superiori (di 2 o 3 volte) che possono essere prodotte eccentricamente rispetto a quelle isometriche e concentriche, il training di tipo eccentrico può sovraccaricare il muscolo con un estensione maggiore e un aumento di potenza (velocità e forza, con un moderato incremento della massa) più significativo. Ad ogni modo l'attività eccentrica deve essere realizzata a velocità graduale e contro resistenze progressive. La sua funzione preventiva è chiara a tal punto che nei protocolli si rende necessario includerla nell'allenamento volto al recupero²².

ASPETTI METABOLICI

A fronte di una produzione di tensioni muscolari superiori, le contrazioni eccentriche hanno un'altra specifica caratteristica: il dispendio metabolico è fortemente ridotto. Il basso costo energetico le rende ideali per il recupero di pazienti infortunati. Risulta altresì confermato che durante il lavoro concentrico/positivo, vi è un concomitante aumento del metabolismo cellulare. Ciò comporta un'augmentata produzione di prodotti di scarto, i quali provocano una irritazione chimica dei nervi e alla fine il dolore.

È ormai noto il legame tra la vascolarizzazione dei tessuti e l'attività di alcune proteine, tra le quali spicca la NOS (nitricoxidesynthase). Recentemente, è stato dimostrato che NO svolge un ruolo fondamentale nella regolazione delle funzioni e della struttura muscolari. L'ossido nitrico infatti controlla l'espressione di fattori di crescita ed è inoltre implicato nella sintesi proteica e nell'attività dell'ATP-asi. È chiaro che NOS è un importante regolatore del flusso sanguigno nel muscolo scheletrico sottoposto a carico²³.

Un adattamento della giunzione miotendinea a protocolli di tipo eccentrico determina un consolidamento, anche correlato all'ipertrofia muscolare indotta, con incremento dell'attività fibroblastica (e conseguente aumento della produzione di collagene) e di sostanze di base^{4,5}.

La caratteristica più interessante è dunque quella di combinare l'elevata forza muscolare con un costo energetico basso (in genere 4 - a 5 volte inferiore a quella di lavoro muscolare concentrico)²⁰. Durante il lavoro negativo (esercizio eccentrico), il fabbisogno energetico

scende notevolmente rispetto alle contrazioni concentriche perché risultano diminuite sia la ripartizione di ATP che la produzione di calore. In conclusione, nel lavoro eccentrico a) è richiesta una minor attività muscolare per mantenere la stessa forza b) per ottenere lo stesso livello di forza, si recluta un numero inferiore di fibre muscolari, c) la sostanziale riduzione di consumo di ossigeno quando le fibre sono state eccentricamente allungate.

BIBLIOGRAFIA

1. Plowman SA, Smith DL. Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance. Boston, Mass: Allyn & Bacon; 1997:433. Copyright 1997 by Allyn & Bacon. Reprinted/adapted by permission.
2. Scott W, Stevens J, Binder-Macleod SA. Human skeletal muscle fiber type classifications. *Phys Ther.* 2001;81(11):1810-1816.
3. McComas AJ. Skeletal Muscle: Form and Function. Champaign, Ill: Human Kinetics; 1996.
4. Charvet B, Ruggiero F, Le Guellec D. The development of the myotendinous junction. A review. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2012 ;2(2):53-63.
5. Kojima H, Sakuma E, Mabuchi Y, Mizutani J, Horiuchi O, Wada I, Horiba M, Yamashita Y, Herbert DC, Soji T, Otsuka T. Ultrastructural changes at the myotendinous junction induced by exercise. *J Orthop Sci.* 2008 May;13(3):233-9
6. Curzi D, Salucci S, Marini M, Esposito F, Agnello L, Veicsteinas A, Burattini S, Falcieri E. How physical exercise changes rat myotendinous junctions: an ultrastructural study. *Eur J Histochem* 2012; 56(2): e19.
7. Horowitz R, Podolsky RJ. The positional stability of thick filaments in activated skeletal muscle depends on sarcomere length: Evidence for the role of titin filaments. *J Cell Biol* 1987; 105: 2217–2223.
8. Tirrell TF, Cook MS, Carr JA, Lin E, Ward SR, Lieber RL. Human skeletal muscle biochemical diversity. *J Exp Biol.* 2012 1;215(Pt 15):2551-9.
9. Prado LG, Makarenko I, Andresen C, Krüger M, Opitz CA, Linke WA. Isoform diversity of giant proteins in relation to passive and active contractile properties of rabbit skeletal muscles *J Gen Physiol.* 2005;126(5):461-480.
10. Tskhovrebova L, Trinick J. Making Muscle Elastic: The Structural Basis of Myomesin Stretching. *PLoS Biol* 2012; 10(2): e1001264.
11. Pinotsis N, Chatziefthimiou SD, Berkemeier F, Beuron F, Mavridis IM, et al. Superhelical architecture of the myosin filament-linking protein myomesin with unusual elastic properties. *PLoS Biol* 2012; 10: 31001261.
12. Pisconti A, Bernet JD, Olwin BB. Syndecans in skeletal muscle development, regeneration and homeostasis. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2012 Jun 17;2(1):1-9.
13. Zhu J, Li Y, Shen W, Qiao C, Ambrosio F, Lavasani M, Nozaki M, Branca MF, Huard J. Relationships between transforming growth factor-beta1, myostatin, and decorin: implications for skeletal muscle fibrosis. *J Biol Chem.* 2007 Aug 31;282(35):25852-63.
14. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):745-64.

15. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Aärimaa V, Vaitinen S, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: optimising recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2007 Apr;21(2):317-31.
16. Topp KS, Boyd BS. Structure and Biomechanics of Peripheral Nerves: Nerve Responses to Physical Stresses and Implications for Physical Therapist Practice. *Physical Therapy* 2006; 86:1.
17. Lieber RL, Bodine-Fowler SC. Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation. *Phys Ther* 1993; 73:844-856.
18. Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ. Tension development in highly stretched vertebrate muscle fibres. *J Physiol* 1966;184(1):143-69.
19. Schmitt B, Tim T, McHugh M. Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *Int J Sports Phys Ther.* 2012 ;7(3):333-41.
20. Isner-Horobeti ME, Dufour SP, Vautravers P, Geny B, Coudeyre E, Richard R. Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports Med.* 2013; 43(6):483-512.
21. McHugh MP, Nesse M. Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Mar;40(3):566-73.
22. Middleton P, Montero C. Eccentric muscular contraction: implications in treatment of athletes. *Ann Readapt Med Phys* 2004;47(6):282-9.
23. Radak Z, Naito H, Taylor AW, Goto S. Nitric oxide: is it the cause of muscle soreness? *Nitric Oxide.* 2012 ;26(2):89-94.



CLASSIFICAZIONE CLASSIFICAZIONE

Diventa sempre più importante avere una terminologia comune, il più possibile internazionale e condivisa, che parta dalla classificazione degli infortuni e che aiuti, quindi, ad arrivare ad una diagnosi, a una prognosi precisa, e ad una terapia appropriata. La classificazione che verrà utilizzata dovrà essere quindi precisa, completa e fruibile anche, e soprattutto, da chi non ha dimestichezza a gestire questi infortuni. Gli infortuni muscolari sono divisi in due grandi categorie a seconda del meccanismo di insorgenza: da trauma diretto e da trauma indiretto.

INFORTUNI DA TRAUMA DIRETTO

Sono causati da una contusione (impatto con avversario, oppure contro un attrezzo o una struttura rigida attorno o sul campo, etc) oppure da una lacerazione causata da una ferita da taglio (impatto contro struttura con bordi taglienti, contro tacchetti dell'avversario, etc.). La lacerazione non prevede classificazioni in sottogruppi, la terapia necessaria è la sutura chirurgica e i tempi di recupero dipendono dall'entità e dalla profondità della lesione. La contusione viene classificata come lieve, moderata o severa a seconda dell'impotenza funzionale che ne deriva, valutata come capacità di eseguire attivamente un movimento a livello dell'articolazione corrispondente (il ginocchio per il quadricipite, l'anca per il grande gluteo, etc) (Tabella 1). Va detto che l'atleta deve essere riesaminato dopo 24 ore per meglio valutare l'infortunio, perché, spesso, dopo una contusione, il dolore è immediatamente invalidante e si correrebbe il rischio di classificarle tutte come contusioni severe.

CONTUSIONE	Lieve: >1/2 R.O.M. fisiologico	Trauma diretto che provoca ematoma diffuso o circoscritto e causa dolore e diminuzione delROM
	Moderata: < 1/2 e 1/3 R.O.M. fisiologico	
	Severa: < 1/3 R.O.M. fisiologico	
LACERAZIONE		

Tab.1 Classificazione degli infortuni muscolari da trauma diretto

INFORTUNI DA TRAUMA INDIRETTO

Sono infortuni che avvengono senza contatto con l'avversario o altre strutture o attrezzi contundenti. L'atleta si fa male da solo. Vengono suddivisi in due grandi categorie:

- 1) INFORTUNI NON STRUTTURALI
- 2) INFORTUNI STRUTTURALI

Nei primi non c'è alcuna lesione anatomica di fibre muscolari. Vengono suddivisi in 4 sottogruppi. I secondi sono invece caratterizzati da lesione anatomica vera, anche se di piccole dimensioni, e vengono classificati in 3 sottogruppi.

1) INFORTUNI NON STRUTTURALI

Sono la categoria più numerosa, ma anche quella più insidiosa da diagnosticare e da trattare. Nel calcio costituiscono il 70% degli infortuni muscolari ma, pur non riconoscendo alcuna lesione muscolare, sono responsabili di oltre il 50% delle assenze dall'attività sportiva da infortuni muscolari stessi. Se trascurati possono sfociare in infortuni strutturali. Vengono suddivisi in 4 sottogruppi (Tabella 2)

INFORTUNIO NON STRUTTURALE	1) Disordine muscolare correlato a sovraffaticamento	1a) Indotti da fatica	Aumento circoscritto del tono muscolare, dolente, all'interno di un muscolo. 1B: aumento diffuso del tono muscolare e dolore che compaiono alcune ore dopo l'attività fisica.
		1b) DOMS (indolenzimento ad insorgenza ritardata)	
	2) Disordine muscolare di tipo neuromuscolare	2a) neuromuscolare correlato a disordini di colonna e/o bacino	
		2b) neuromuscolare correlato al muscolo	

Tab.2 Classificazione degli infortuni muscolari non strutturali

Il sottogruppo 1a è causato da fatica e favorito da cambi continui di tipologia delle esercitazioni o di superfici di gioco oppure da allenamenti con volumi di lavoro eccessivi. Il sottogruppo 1b è causato da eccessivo numero di esercitazioni e sollecitazioni eccentriche. Il sottogruppo 2a è causato da problematiche del rachide anche difficilmente diagnosticabili, come difetti intervertebrali minori (D.I.M.) che vanno a irritare il nervo spinale corrispondente causando un alterato controllo del tono sul muscolo "bersaglio".

In questi casi la risoluzione dell'infortunio muscolare passa anche dal trattamento del problema al rachide. Il sottogruppo 2b nasce da uno sbilanciamento nel controllo neuromuscolare soprattutto del meccanismo dell'inibizione reciproca a partenza dai fusi muscolari. Ricordiamo brevemente che il tono muscolare è principalmente sotto il controllo del circuito gamma (riflesso di stiramento) e l'attivazione dei motoneuroni alfa resta principalmente sotto il controllo delle vie motorie discendenti. Le informazioni sensoriali dal muscolo sono portate da vie ascendenti al cervello.

I segnali afferenti entrano nel midollo spinale con gli alfa motoneuroni del muscolo associato, ma danno anche rami in grado di stimolare interneuroni nel midollo spinale che agiscono in modo inibitorio sui motoneuroni alfa dei muscoli antagonisti. L'inibizione reciproca degli antagonisti si verifica a supporto della contrazione muscolare del muscolo agonista. Una disfunzione di questi meccanismi di controllo neuromuscolare può portare a notevoli compromissioni del normale tono muscolare e può causare disturbi muscolari, quando l'inibizione di muscoli antagonisti è alterata (ad esempio diminuita) e l'agonista si contrae in modo eccessivo per compensarla.

2) INFORTUNI STRUTTURALI

Sono suddivisi in 3 sottogruppi in funzione dell'entità della lesione anatomica all'interno del muscolo (Tabella 3). 3a: Lesione parziale minore: è la lesione di uno o più fasci primari all'interno di un fascio secondario. 3b: Lesione parziale moderata: è la lesione di almeno un fascio secondario e con superficie di rottura minore del 50% della superficie di sezione del muscolo in quella sede. 4: Lesione subtotale, lesione maggiore del 50% della superficie di sezione del muscolo in quella sede, oppure totale, rottura dell'intero muscolo o della giunzione tendine osso. La classificazione degli infortuni strutturali prevede anche di definire la sede del muscolo dove avviene la lesione, prossimale (P), media (M) o distale (D). Le lesioni infatti che avvengono a livello prossimale di Hamstring e retto femorale hanno una prognosi più severa rispetto a quelle di pari grandezza che avvengono nelle altre zone del muscolo. Per ciò che riguarda il tricipite surale invece, hanno prognosi più severa quelle che si verificano in sede distale.

INFORTUNIO STRUTTURALE	3) Lesione muscolare parziale	3a) Lesione parziale minore	Lesione di uno o più fasci primari all'interno di un fascio secondario
		3b) Lesione parziale moderata	Lesione di almeno un fascio secondario e con superficie di rottura <50% della superficie del muscolo in quella sede
	4) Lesione muscolare (sub)totale	4) Lesione subtotale o totale oppure avulsione tendinea	Lesione >50% della superficie del muscolo (subtotale) o dell'intero muscolo (totale) oppure della giunzione tendine-osso

Tab.3 Classificazione degli infortuni muscolari strutturali

SINTOMI



CONTUSIONE:

il dolore è solitamente immediato, riferito a un preciso meccanismo contusivo e tende ad incrementare all' aumentare dell'entità dell'ematoma. C'è una diminuzione della capacità di articolare attivamente l'articolazione corrispondente; l'atleta può anche continuare, nei casi lievi, l'attività sportiva. Spesso invece, c'è un'impotenza funzionale immediata che richiede comunque una nuova valutazione dopo 24 ore per meglio classificare l'infortunio. La dolorabilità accentuata alla palpazione, il ROM articolare diminuito, e la presenza di ematoma e gonfiore sono tanto più presenti quanto più severo è stato il trauma da impatto.

INFORTUNI NON STRUTTURALI:

l'atleta riferisce un indolenzimento, una pesantezza o una rigidità del muscolo che tende ad aumentare con l'attività sportiva e può essere presente anche a riposo. Alla palpazione è possibile reperire fasci più rigidi all'interno del muscolo. Nel D.O.M.S [1b] il dolore compare solo a riposo e dopo ore dall'attività sportiva ed il muscolo, alla palpazione, è più rigido in toto. In 2b il dolore è più di tipo crampiforme. Lo stretching tende a migliorare i sintomi eccetto che in 2a dove non dà sollievo.

INFORTUNI STRUTTURALI

Lesione parziale minore (3a): il paziente avverte un dolore pungente, acuto, durante un preciso movimento. Il dolore è ben localizzato sia soggettivamente che alla palpazione e, a volte, è preceduto da una sensazione di schiocco, snap, “accavallamento”. Palpatoriamente non è possibile reperire il difetto strutturale, perché molto piccolo. Il test di estensibilità è positivo anche in queste piccole lesioni, purché sia ben eseguito (Figura 1a-d).



Figura 1. Esempi di test di estensibilità corretti in funzione della sede di lesione del muscolo a. Soleo b. Gastrocnemio c. Retto femorale (terzo distale) d. Retto femorale (terzo prossimale)

La contrazione controresistenza manuale è dolorosa. Lesione parziale moderata (3b): Dolore acuto, lancinante, durante un preciso movimento. L'atleta spesso avverte uno schiocco, snap, “accavallamento”, seguito da dolore localizzato e impotenza funzionale immediata, con frequente caduta a terra se si tratta di un muscolo degli atri inferiori. Alla palpazione il dolore è localizzato. Il difetto strutturale è spesso palpabile. Nelle ore successive l'infortunio, si forma un ematoma con ecchimosi evidente nei giorni seguenti, se la lesione ha interessato anche l'epimisio o il perimisio. Il test di estensibilità è positivo. La contrazione controresistenza è impossibile. Lesione subtotale o totale oppure avulsione tendinea (4): il dolore è spesso sordo, gravativo, profondo, causato da un movimento preciso. Anche qui l'atleta spesso avverte uno schiocco, snap, “accavallamento” seguito da dolore localizzato ed impotenza funzionale immediata, con frequente caduta a terra se è coinvolto l'arto inferiore. C'è un esteso difetto del muscolo con interruzione palpabile e comparsa di ematoma ed ecchimosi evidente. C'è una perdita della funzione dell'unità muscolo tendinea interessata dalla lesione.

VARIANTI VARIANTI

INFORTUNIO STRUTTURALE DEL TENDINE RIFLESSO DEL RETTO FEMORALE AL TERZO PROSSIMALE. CLASSIFICAZIONE PROPOSTA 4P (PROSSIMALE) 1,2

Si tratta di un infortunio da trauma indiretto che avviene calciando un pallone, cambiando direzione oppure decelerando. Interessa soprattutto sport come il calcio, il rugby e l'atletica leggera.³ La particolarità clinica consiste nel fatto che l'atleta riferisce una sintomatologia dolorosa alla radice della coscia che localizza sotto al tensore della fascia lata, spesso accompagnata da uno snap o da uno scroscio articolare a livello dell'anca con impotenza funzionale pressoché immediata. La sintomatologia dolorosa tende a ridursi notevolmente durante i primi 7-10 giorni, tanto che l'atleta riesce anche a camminare e a correre, a velocità non sostenuta, senza dolore e perciò spinge per ridurre i tempi di recupero. Il test di estensibilità per il retto femorale, positivo già da subito dopo l'infortunio, permane alterato nonostante la scomparsa del dolore, e deve essere considerato un campanello d'allarme per non eseguire esercizi tecnici o atletici ad alta intensità e incorrere in una recidiva. Alla palpazione il tensore della fascia lata sembra più teso e aumentato di volume, ma il problema non è a livello di questo muscolo ma al di sotto di esso. Nei giorni successivi l'infortunio si palpa una corda tesa e dura nel contesto del terzo prossimale del retto femorale che si estende fin sotto al tensore della fascia lata. I tempi di recupero sono lunghi e variano a seconda che sia stata interessata tutta l'inserzione tendinea o la giunzione muscolo tendinea. La percentuale delle recidive è alta soprattutto perché spesso non si arriva a formulare una diagnosi esatta dopo l'infortunio oppure perché non si rispettano i tempi di recupero (45-90 giorni). L'ecografia muscolare e la risonanza magnetica nucleare sono gli esami strumentali indicati per la valutazione dell'infortunio. Una radiografia eseguita dopo mesi dall'infortunio, con atleta già recuperato, può mettere in evidenza una ossificazione eterotopica circoscritta in prossimità della inserzione prossimale del tendine riflesso, soprattutto se l'infortunio ha interessato la giunzione tendine-osso che, se sintomatica, può essere trattata con successo, con onde d'urto per parti molli⁴.

INFORTUNIO MUSCOLARE NON STRUTTURALE DEL SOLEO. CLASSIFICAZIONE PROPOSTA: 1A

È un'alterazione che colpisce il capo più profondo del tricipite surale correlata spesso ad esercizi di tipo pliometrico (balzi ripetuti) oppure eseguiti con calzature non adeguate al terreno o comunque eseguiti con calzature con caratteristiche diverse da quelle che si è abituati ad usare. È un dolore che insorge progressivamente ed è localizzato, all'inizio della sintomatologia, e questa è la particolarità clinica, lungo il margine esterno del soleo sotto al gemello esterno per poi localizzarsi più centralmente se si continua l'attività sportiva nei giorni successivi⁵. Solitamente, in fase iniziale, l'atleta avverte un senso di pesantezza alla parte postero-esterna della gamba senza impotenza funzionale ed è quindi portato a continuare l'attività⁵. L'ecografia e la risonanza magnetica nucleare sono negative o tutt'al più la prima può dimostrare una zona iperecogena lungo il decorso del soleo, la seconda un modesto edema. Se non si interrompe l'attività il dolore tende a centralizzarsi nel contesto del soleo e a questo punto diventa invalidante costringendo l'atleta a fermarsi durante l'allenamento, molto spesso dopo pochi minuti, anche se a riposo la sintomatologia è molto sfumata. I vari tentativi, frustranti, di riprendere gli allenamenti nei giorni successivi, espongono l'atleta a subire un vero e proprio danno strutturale al soleo che richiederà più tempo per recuperare definitivamente. La palpazione del muscolo, all'inizio, è poco significativa, mettendo in evidenza solo una zona più ipertonica sotto al margine esterno del gemello laterale; quando invece il dolore si centralizza è possibile palpare una fascia più indurita e dolente, ben localizzabile se si ha esperienza. Il test di estensibilità è il più delle volte negativo, tutt'al più lievemente positivo quando la dolenzia tende a centralizzarsi. Se si interrompe l'attività in tempo, prima che si verifichi un danno strutturale, il recupero può richiedere solo 7-10 giorni utilizzando caldo umido, massaggio, ultrasuoni, TENS ed esercizi di tonificazione dei muscoli della loggia anteriore della gamba e di tonificazione eccentrica del tricipite dopo 5-7 giorni dall'infortunio.

INFORTUNIO STRUTTURALE DEL SEMIMEMBRANOSO AL TERZO PROSSIMALE. CLASSIFICAZIONE PROPOSTA 3A P (PROSSIMALE)

È un infortunio muscolo-tendineo spesso trascurato per la dinamica con la quale si verifica ma in realtà può richiedere un periodo lungo di recupero. L'infortunio avviene, e questa è la particolarità, per un movimento in massima flessione dell'anca a ginocchio esteso a bassa velocità angolare (può succedere spesso per un esercizio di stretching degli hamstring in monopodolica)⁶. A volte l'infortunio è preceduto da fastidi o sensazioni passeggere di pesantezza alla radice della coscia in sede posteriore. È un infortunio frequente nei ballerini e in chi pratica danza. Il dolore è trafittivo localizzato nella parte postero-mediale prossimale della coscia. Non impedisce la deambulazione anche se non ad andatura veloce; il test di estensibilità è sempre positivo, se eseguito correttamente (tenendo presente la grande estensibilità dei danzatori). Le indagini strumentali mettono in evidenza un danno strutturale di solito di modesta entità dal punto di vista anatomico, localizzato in prossimità della giunzione muscolo-tendinea prossimale del semimembranoso. Alla palpazione è possibile percepire una zona più dura e dolente con dolore che compare se si flette l'anca e si esacerba, in quella posizione, se si fanno contrarre isometricamente gli hamstring⁷. Il periodo di recupero è lungo (circa 3 mesi), e richiede un programma preciso di esercizi eccentrici per il terzo prossimale degli hamstring mediali.

TEST CLINICO NELL'INFORTUNIO STRUTTURALE 3B E 4 (P, M E D) DEL CAPO LUNGO DEL BICIPITE FEMORALE:

scomparsa del tendine distale in ortostatismo e in posizione semi-squat, alla palpazione, confrontato con il contro laterale [Figura 2].



Fig.2 Test per palpare il tendine distale del bicipite femorale.

BIBLIOGRAFIA

1. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med.* 2013 Apr;47(6):342-50
2. Chan O, Del Buono A, Best TM, Maffulli N. Acute muscle strain injuries: a proposed new classification system. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Nov;20(11):2356-62.
3. Noonan TJ, Garrett WE. Muscle strain injury: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* July 1999 ; 7:262-269.
4. Speed C. A systematic review of shockwave therapies in soft tissue conditions: focusing on the evidence. *Br J Sports Med.* 2013 Aug 5.
5. Bryan Dixon J. Gastrocnemius vs. soleus strain: how to differentiate and deal with calf muscle injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2009 Jun;2(2):74-7.
6. Brukner P, Khan K Clinical sports medicine, Revised 2nd ed. Australia: McGraw-Hill; 2002
7. Askling C, Tengvar M, Saartok T, et al. Sports related hamstring strains - two cases with different etiologies and injury sites. *Scand J Med Sci Sports.* 2000 Oct;10(5):304-7

COMPLICANZE

COMPLICANZE

Il problema più importante nelle lesioni muscolari degli sportivi non è rappresentato dal tempo di recupero, ma dalle complicanze che possono insorgere, e soprattutto dalla “Recidiva”. Quest’ultima, per la sua frequenza è considerata il vero spauracchio delle lesioni muscolari, e pertanto è da considerarsi essa stessa una complicanza. L’unico rischio certo per le recidive è un precedente infortunio muscolare. Inoltre alcuni studi hanno confermato che un danno recente in un muscolo incrementa il rischio di infortuni anche in distretti muscolari vicini. La causa di ciò andrebbe ricercata nella formazione di una cicatrice fibrotica e/o in una alterazione della biomeccanica di corsa, che può essere dannosa anche per gli altri distretti muscolari.

Le altre complicanze delle lesioni muscolari sono:

- fibrosi
- falda liquida
- cisti siero-ematica
- calcificazioni
- ossificazioni intramuscolari circoscritte
- ernia muscolare
- sindrome compartimentale
- flebite - trombosi venosa

LA FIBROSI

La lesione del muscolo è una vera sfida per la Traumatologia dello Sport poiché l’esito finale è la formazione di una cicatrice che rappresenta un tessuto biologico diverso da quello preesistente. Quando la formazione di tale tessuto cicatriziale risulta eccessiva e/o non funzionale, il risultato sarà una **FIBROSI CICATRIZIALE** che spesso determina un recupero funzionale incompleto. Il tessuto fibrotico è scarsamente vascolarizzato e poco elastico, con un orientamento anarchico delle fibre. Ciò rappresenta un fattore di rischio per recidiva della lesione. Inoltre, la fibrosi determina un disturbo della funzionalità muscolare, creando aderenze tra i diversi ventri muscolari, e/o tra 2 fasce perimisiali contigue, disturbando lo scorrimento e conseguentemente la contrazione muscolare, limitando in tal modo l’attività

sportiva, soprattutto nel corso di sollecitazioni funzionali ad alta intensità.

La Fibrosi rappresenta la più comune complicanza correlata alla lesione muscolare. Le dimensioni dell'area fibrotica sono strettamente correlate all'entità della lesione, ma occorre sottolineare che sono anche fortemente dipendenti dal tipo di protocollo riabilitativo effettuato.^{1,2,3}

Le cause che possono facilitare la sua insorgenza sono:

- errato o mancato trattamento dell'ematoma che si sta formando subito dopo l'infortunio (trattamento corretto = fasciatura compressiva + crioterapia).
- Massaggi intensi e/o profondi sulla lesione nei primi 5 giorni.
- Esercizi aggressivi troppo precoci e che non rispettano i criteri di progressione.
- Immobilizzazione troppo prolungata.
- Tecniche fisioterapiche strumentali basate su applicazione di caldo (termoterapia) eseguite nella prima settimana.
- Precoce ripresa dell'attività sportiva ad alta intensità (traumatismi su tessuto riparativo in assenza di un'adeguata stabilità meccanica).

Le cicatrici fibrotiche si evidenziano all'Ecografia (meglio che alla RM) come aree di iperecogenicità e sono scarsamente o per nulla sintomatiche a riposo ed all'attività sportiva a medio-bassa intensità. La prevenzione della Fibrosi si basa esclusivamente su un'idonea Terapia Riabilitativa, mentre per ciò che riguarda il suo trattamento mediante un approccio biologico è materia di dibattito, non esistendo purtroppo lavori randomizzati in tal senso. In un tale contesto di ricerca, la "FIBROLISI DIACUTANEA", una Tecnica di sbrigliamento manuale della cicatrice, che si avvale dell'utilizzo di appositi strumenti detti "Ganci Fibrolisori", si propone come una metodica semplice e priva di complicanze. Purtroppo essa è assolutamente "Operatore Dipendente", e pertanto il risultato è subordinato esclusivamente alla manualità, alla sensibilità ed all'esperienza di chi la esegue. Questo fa sì che in letteratura esiste una seria difficoltà nel garantire la ripetibilità della tecnica stessa.

FALDA LUQUIDA

Insorge pochi giorni dopo la lesione, ed è una raccolta per lo più ematica, che si crea tra 2 fasce muscolari, in seguito sia a traumi diretti che indiretti. Si verifica con maggior frequenza tra il retto femorale ed il vasto intermedio e fra il gemello mediale ed il soleo, dove le fasce muscolari ed i setti sono robusti e poco estensibili. Si presenta come un rigonfiamento duro-elastico, talvolta fluttuante, che rende difficoltosa la contrazione del muscolo. Trattata precocemente ed adeguatamente, guarisce senza esiti. Spesso necessita di puntura evacuativa seguita da bendaggio compressivo per alcuni giorni, per prevenire le recidive. Viene facilmente evidenziata all'ecografia.

CALCIFICAZIONI

Originano da fenomeni di metaplasia dovuta a deposizione di sali di calcio in un tessuto fibrotico ischemico. Sono favorite dall'applicazione di terapie incongrue, come ad es. il calore in fase precoce e/o in modo prolungato. Trattamento: onde d'urto.

OSSICALCIFICAZIONE INTRAMUSCOLARE CIRCOSCRITTA

Si tratta di un processo di natura reattiva, che si verifica all'interno del muscolo in conseguenza quasi esclusiva di traumi muscolari contusivi (trauma diretto). È una proliferazione di tessuto osseo e cartilagineo che si verifica in seguito ad un trauma maggiore oppure a seguito di traumi reiterati. Prende origine da una vera e propria ossificazione eterotopica dovuta alla stimolazione delle cellule totipotenti del periostio. Si localizza più frequentemente a livello della porzione anteriore dell'arto superiore (gomito) e della coscia. È una complicanza piuttosto rara, ed in ambito sportivo la sua incidenza risulta maggiore negli sport da contatto. Si può sospettare una ossificazione intramuscolare circoscritta se dolore e gonfiore sussistono o addirittura si intensificano dopo due settimane dal trauma. La formazione ossea necessita di alcuni mesi prima di completarsi. La radiografia mostra la massa calcifica che può essere collegata all'osso

tramite un peduncolo o esserne completamente separata. Una volta completata viene ben accettata dal muscolo con ripresa completa della sua funzione. L'uso di indometacina può essere indicato nella fase di formazione dell'ossificazione stessa. Durante la fase acuta la formazione non deve essere traumatizzata con massaggi decontratturanti o trattata con calore. Il sangue travasato può fungere da "carburante" per l'ossificazione che si sta formando e riaccendere un processo che si sta autolimitando, provocando una brusca riacutizzazione della sintomatologia: dolore, gonfiore, rigidità lineare del muscolo. Una volta superata la fase acuta, il trattamento di elezione è costituito dalle onde d'urto focali ecoguidate se persiste una sintomatologia algica. In rari casi può richiedere il trattamento chirurgico in presenza di mancata risoluzione del dolore e di relativa impotenza funzionale. L'intervento non va anticipato per l'alto rischio di recidive e comunque non va eseguito prima che l'ossificazione non sia giunta a piena maturità (cioè completata). Prima di eseguirlo deve essere sempre confermata la negatività con l'esame scintigrafico ⁴.

ERNIE MUSCOLARI

Sono piuttosto rare e scarsamente o nulla sintomatiche. Sono determinate da una lesione focale della fascia muscolare. Clinicamente ed ecograficamente si evidenziano facendo effettuare al paziente una contrazione attiva del muscolo interessato. In genere non necessitano di trattamento alcuno. Può essere di qualche utilità l'applicazione di una calza elasto-compressiva. In rari e specifici casi si può ricorrere al trattamento chirurgico ⁵.

SINDROME COMPARTIMENTALE ACUTA

È una condizione in cui i tessuti all'interno di un compartimento osteo-muscolo-fasciale vengono compromessi dall'aumento della pressione all'interno della fascia. Le Sindromi compartimentali acute sono rare e dei quattro compartimenti della gamba (Anteriore – Laterale o Peroneale – Posteriore superficiale – Posteriore profondo), l'anteriore è di gran lunga quello più interessato. Potenzialmente tutti i macro-traumatismi, comprese le fratture, le rotture tendinee, le contusioni muscolari e le lesioni di tipo 4, cioè tutte le lesioni associate a importante sanguinamento e/o formazione edematosa all'interno di un compartimento osteofasciale rigido, possono causare una sindrome compartimentale. Il sintomo caratteristico è un dolore violento, sproporzionato alla gravità apparente della lesione, spesso associato a parestesie. La diagnosi è clinica, anche se dovrebbe essere confermata dalla misurazione diretta della pressione intra-compartimentale. Il trattamento in fase acuta consiste in riposo ed applicazioni di ghiaccio. L'atleta non deve caricare. La compressione è controindicata; qualsiasi indumento, bendaggio che comprime deve essere rimosso. Nei casi più gravi, in cui la pressione intracompartimentale supera quella arteriosa, è controindicata anche la sovrarelevazione. I casi lievi possono essere trattati con l'osservazione, con un monitoraggio attento e continuo. Se si riscontra un miglioramento dei sintomi con il riposo e gli impacchi di ghiaccio, può non essere necessario un trattamento chirurgico. Una decompressione urgente (fasciotomia) viene riservata ai casi con danno neurovascolare associato ⁶.

FLEBITE - TROMBOSI ACUTA

La Flebite è un processo infiammatorio della parete di un vaso venoso, mentre la Trombosi venosa è per definizione l'ostruzione di una vena della circolazione venosa profonda di un arto da parte di un trombo. La Flebite, successivamente, può anch'essa evolvere nella formazione di un trombo in quel distretto (TROMBOFLEBITE). E' una rara complicanza in seguito ad infortunio muscolare che ha provocato un ematoma importante. La diagnosi viene effettuata in seguito alla positività dell'ecoDoppler venoso.

La terapia si basa su:

- riposo a letto
- eparina
- antinfiammatori
- fasciatura elasto - compressiva

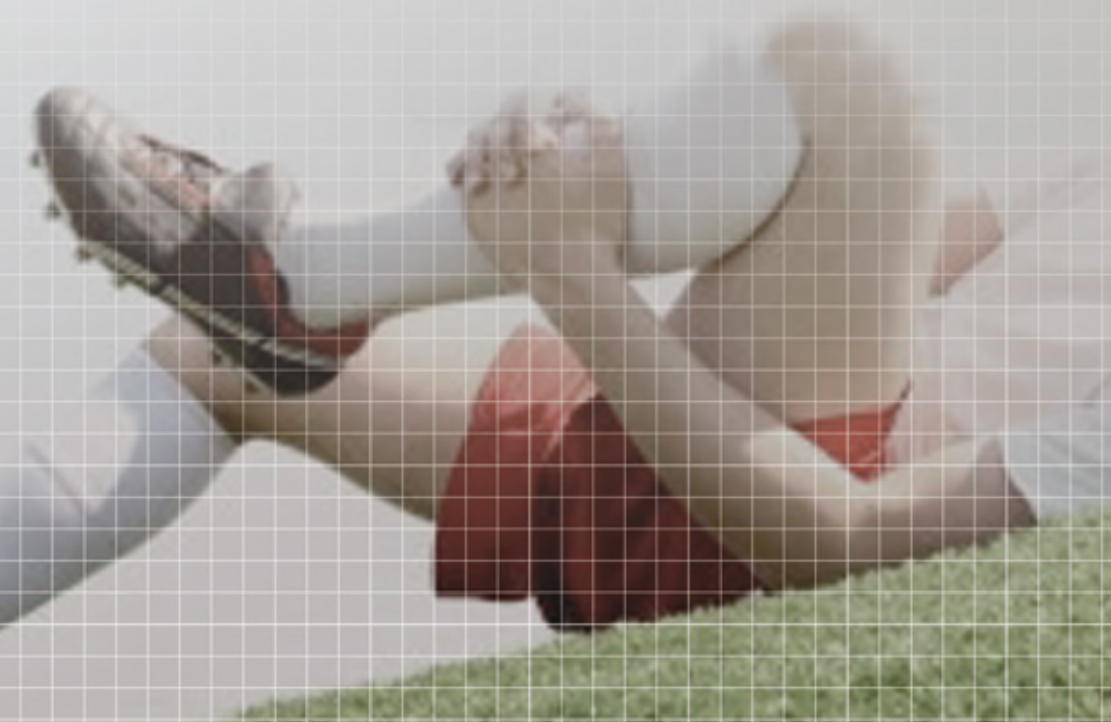
Per l'iconografia specifica di ogni complicanza si rimanda al capitolo "Indagini strumentali".

BIBLIOGRAFIA

1. **Tesi di Laurea Facoltà di Medicina e Chirurgia Corso di Laurea in Fisioterapista Università di Roma Tor Vergata "La fibrosi muscolare post-traumatica negli atleti. Fibrolisi percutanea Vs/Onde d'urto" Relatore Dott. Francesco Oliva; Studente Francesca Lonardelli. Anno Accademico 2008-2009.**
2. **Testa V, Ruggiu M, Capasso G. Fibrolisi diacutanea: una tecnica diagnostica e terapeutica nelle patologie croniche del tendine di Achille nell'atleta. Medicina dello Sport 1996; 49:89-94.**
3. **Corona BT, Wu X, Ward CL, McDaniel JS, Rathbone CR, Walters TJ. The promotion of a functional fibrosis in skeletal muscle with volumetric muscle loss injury following the transplantation of muscle-ECM. Biomaterials. 2013;34(13):3324-35.**
4. **King JB. Post-traumatic ectopic calcification in the muscles of athletes: a review. Br J Sports Med. 1998;32(4):287-90.**
5. **Odili J, Wilson E, Chana JS. Muscle herniation: a complication at the anterolateral thigh perforator flap donor site. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2009;62(11):1530-1533**
6. **Ojike NI, Roberts CS, Giannoudis PV. Compartment syndrome of the thigh: a systematic review. Injury. 2010;41(2):133-136.**

INFORTUNIO

INFORTUNIO



Il disordine muscolare correlato sovraffaticamento o su base neuromuscolare che si manifesti ripetutamente in un atleta, può essere, in alcuni casi, spia di una patologia muscolare subclinica, che l'allenamento slatentizza a certe intensità di carico. Il tessuto muscolare può essere danneggiato dall'esercizio intenso e prolungato sia per fattori metabolici che meccanici: i livelli sierici di alcuni enzimi sono markers dello stato funzionale del tessuto muscolare e si modificano ampiamente in seguito a tale danneggiamento conseguente sia a stimolazioni fisiologiche (esercizio fisico) che a condizioni patologiche (miopatie). Un aumento di questi livelli enzimatici può essere indice di necrosi cellulare e danno tissutale conseguente a intensa sollecitazione muscolare acuta o cronica¹: in particolare in ambito medico-sportivo viene monitorato l'incremento dell'enzima l'enzima creatina kinasi (CK) che è una proteina globulare dimerica formata da due subunità (M= muscolare; B= cerebrale e splacnica) con un peso molecolare di 43 – 45 kDa ciascuna, la cui funzione è quella di catalizzare la reazione reversibile $ATP \longleftrightarrow ADP + Pi + \sim$, prodotta durante la contrazione muscolare. In condizioni di normalità il livello di creatina kinasi totale è costituito prevalentemente dalla frazione M contenuta nei muscoli scheletrici. L'aumento dei livelli di CK sierico che dipende quindi dal danneggiamento del sarcomero, si può verificare sia in seguito a uno stress fisiologico acuto, come l'esercizio fisico strenuo, sia in conseguenza di un insulto cronico del muscolo come una miopatia: un' anamnesi accurata ed un approccio diagnostico corretto sono quindi necessari per formulare una corretto inquadramento dello stato di disordine muscolare che si sta osservando. Di norma i livelli di creatina kinasi sono influenzati da una serie di variabili, come età, sesso, razza, massa muscolare, livelli di attività fisica e condizioni climatiche. In soggetti sani, alti livelli sierici di CK possono essere correlati allo stato di allenamento in conseguenza dell'insulto operato sulle cellule muscolari. Quindi alti livelli sierici di CK sono considerati normali negli atleti asintomatici, perchè i medici sanno che questi sono influenzati dal training: in alcuni casi invece, essi possono rappresentare il segno di una patologia latente², essendo spesso elevati nelle fasi precliniche di una miopatia³.

IPERCKEMIA NELL'ATLETA

Le malattie muscolari scheletriche primitive (miopatie/distrofie) si possono manifestare con dolore, faticabilità, astenia e aumento del titolo sierico di CK, che può variare ampiamente da piccoli incrementi a livelli molto alti, in funzione del tipo di miopatia e dello stadio della patologia⁴. Negli atleti la valutazione del titolo di CK è particolarmente difficile perchè per una chiara interpretazione del dato è necessario che il soggetto si astenga dagli allenamenti per un periodo di almeno 3 giorni, cosa che gli atleti sono solitamente riluttanti a fare o spesso non eseguono in maniera completa.

In ogni caso se è presente una miopatia silente, la cinetica del CK titolato dopo esercizio si presenta differente rispetto agli atleti sani, per cui la valutazione dello stesso prima e dopo stress test potrebbe risultare utile in quegli atleti in cui c'è il sospetto clinico di malattia⁵.

Comunque il rilievo di alti livelli di CK in atleti a riposo che non presentino altri fattori correlabili a questa condizione (malattie endocrino-metaboliche, infezioni, doping, pratiche fisioterapiche intense come massoterapia profonda o fibrolisi), dovrebbe orientare il clinico verso un percorso diagnostico completo (fig. 1) prestando particolare attenzione a quei segni, come stanchezza e problematiche muscolari non strutturali, che spesso atleti e tecnici sottovalutano ritenendoli sempre una normale conseguenza dell'allenamento. Questi segni e/o sintomi possono essere invece la spia di una malattia in fase subclinica che solo gli intensi carichi di lavoro riescono a mettere in evidenza⁶. Nella seguente tabella vengono riportati i segni clinici che possono orientare il medico a sospettare la presenza di una miopatia subclinica.

Tabella 1. ANAMNESI	SCORE
Riscontro pregresso di iperckemia	3
Riscontro di urine scure dopo sforzo	3
Astenia	1
Traumi muscolari ricorrenti	1
Lento recupero dopo esercizio	1
Doms	1

Tabella 2. ESAME OBIETTIVO	SCORE
Scapole alate	1
Ipotrofia muscoli pettorali	1
Assimetrie della postura	1
Scoliosi, ipercifosi, iperlordosi	1

IPERCKEMIA NELL'ATLETA

Almeno 3 punti, ottenuti per la presenza dei primi due segni della tabella anamnesi oppure con la soma dei punteggi ottenuti in entrambe le tabelle (almeno un segno in ogni sezione).

La letteratura riporta livelli di CK abitualmente più alti nella popolazione atletica, in conseguenza del continuo insulto operato dal training sulle strutture muscolari; ciononostante, dopo un periodo di riposo completo, in assenza di altri traumi, di assunzione di farmaci o di altre patologie, i livelli sierici sono più bassi rispetto ai controlli sedentari sani (7). Quindi alti livelli di CK dopo un periodo di riposo completo, sono inattesi negli atleti, perchè l'esercizio fisico induce un effetto di adattamento sul sarcolemma. Per questo motivo livelli persistentemente elevati di CK (riscontrati alterati anche in condizioni di riposo) possono essere il segno di una malattia muscolare genetica in fase subclinica, che l'allenamento può slatentizzare con la comparsa di sintomi come faticabilità, DOMS, contratture persistenti (8,9). Il seguente algoritmo (5) può aiutare il medico a valutare un atleta che presenti sintomatologia muscolare ricorrente o livelli persistentemente elevati di CK.

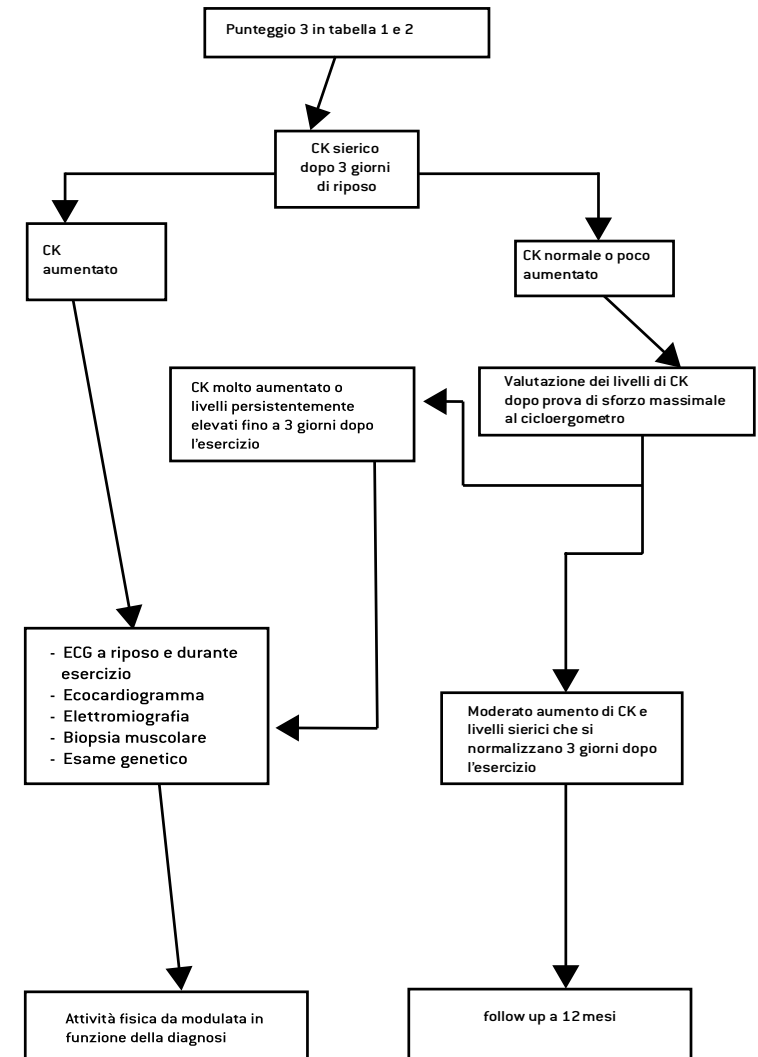


Fig. 1: Algoritmo per lo studio di atleti con sintomatologia muscolare ricorrente o alti livelli di CK a riposo. Brancaccio P. et al. "Creatine kinase monitoring in sport medicine". Br Med Bull. 2007;81-82:209-30

CONCLUSIONI

La valutazione dei livelli sierici di CK a riposo e lo studio della sua cinetica dopo esercizio, aiuta nella formulazione della diagnosi di miopatie che a volte restano non diagnosticate negli atleti. Prestare attenzione all'anamnesi e all'esame obiettivo (tabella 1 e 2) così come studiare i livelli sierici di CK a riposo e dopo sforzo (fig. 1) potrebbe aiutare il medico a riconoscere un atleta con malattia muscolare in fase subclinica.

Non sono ancora presenti in letteratura dati relativi al tipo e all'intensità di esercizio raccomandato in queste condizioni, per cui allo stato dell'arte, la quantità e la tipologia dello stesso devono essere attentamente valutati caso per caso.

BIBLIOGRAFIA

1. **Rhabdomyolysis: historical background, clinical, diagnostic and therapeutic features.** Cervellin, G, Comelli I, Lippi G. *Clin Chem Lab Med* 2010;48: 749-56.
2. **Paola Brancaccio, Giuseppe Lippi, Nicola Maffulli. Biochemical markers of muscular damage.** *Clin Chem Lab Med* 2010;48: 757–767
3. **Miyoshi K, Kawai H, Iwasa M, Kusaka K, Nishino H Autosomal recessive distal muscular dystrophy as a new type of progressive muscular dystrophy. Seventeen cases in eight families including an autopsied case.** *Brain* 1986; 109:31-54
4. **Engel AG, Franzini-Armstrong C. Myology.** Mc Graw Hill. Third edition, volume II: 978, 2004
5. **Brancaccio P, Maffulli N, Politano L, Lippi G, Limongelli FM. Persistent HyperCKemia in Athletes.** *Muscle, Ligament and Tendon Journal.* 2011;1: 31-35
6. **Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine.** *Br Med Bull.* 2007;81-82:209-30
7. **Vincent HK, Vincent KR The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise** *Int J Sports Med* 1997 Aug; 18(6):431-7
8. **Angelini C Limb-girdle muscular dystrophies: heterogeneity of clinical phenotypes and pathogenetic mechanisms** *Acta Myol.* 2004; 23: 130-6
9. **P.Brancaccio, F.M. Limongelli, N. Maffulli Monitoring of serum enzymes in sport** *Br J Sports Med.* 2006; 40; 96-97

INDAGINI STRUMENTALI

INDAGINI STRUMENTALI



Nella patologia muscolo-tendinea la diagnostica per immagini è diventata di primaria importanza per la classificazione, per valutare l'entità del danno, l'eventuale insorgenza di complicanze e per stabilire i tempi di recupero. Tra le varie metodiche strumentali l'RX (eventualmente associata a TAC) è importante per la valutazione di alterazioni ossee e articolari, ma è poco importante per lo studio delle lesioni muscolari per le quali invece sono fondamentali l'ECOGRAFIA e la RISONANZA MAGNETICA ¹¹.

SINDROME COMPARTIMENTALE ACUTA

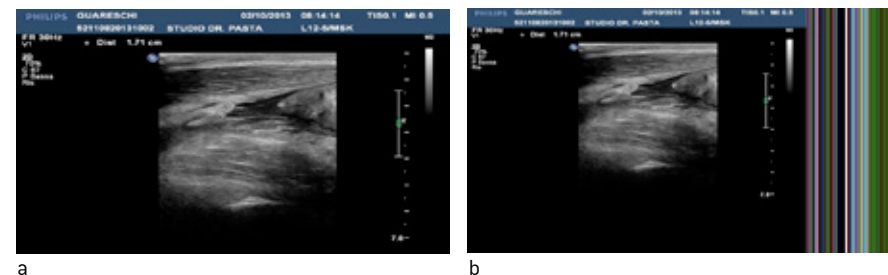
L'ecografia (o ultrasonografia, o ecotomografia) è una metodica largamente utilizzata in campo medico che si serve di ultrasuoni generati per effetto piezoelettrico ad alta frequenza, cioè la proprietà posseduta da alcuni cristalli di quarzo di vibrare ad alta frequenza se attraversati da una corrente elettrica alternata. Questi cristalli sono contenuti all'interno della sonda ecografia posta a contatto con la cute. Questa emette fasci di ultrasuoni che attraversano i corpi da esaminare e che subiscono un'attenuazione in funzione della frequenza di emissione del trasduttore e delle caratteristiche del tessuto. Dunque, maggiore è la frequenza degli ultrasuoni, maggiore è la loro penetrazione nei tessuti, con una maggiore risoluzione delle immagini. Per lo studio dei tessuti superficiali e muscolo-tendinei si utilizzano frequenze alte, maggiori di 7,5 Mega Hertz, a maggiore capacità risolutiva. I punti di passaggio tra tessuti con impedenza acustica diversa vengono chiamati interfacce. Ogni volta che gli ultrasuoni incontrano un'interfaccia, il fascio viene in parte riflesso (torna indietro) ed in parte rifratto (cioè assorbito dai tessuti sottostanti). Il fascio riflesso viene chiamato anche eco. Esso, in fase di ritorno, si dirige nuovamente al trasduttore dove eccita il cristallo della sonda generando una corrente elettrica. In altre parole, l'effetto piezoelettrico trasforma gli ultrasuoni in segnali elettrici che vengono poi elaborati tramite un calcolatore e trasformati in un'immagine sul video in tempo reale. È possibile perciò, tramite l'analisi delle caratteristiche dell'onda ultrasonora riflessa, ottenere informazioni utili per differenziare strutture con diversa densità. L'energia di riflessione è direttamente proporzionale alla variazione di impedenza acustica tra due superfici. Per significative variazioni, come per esempio il passaggio tra l'aria e la cute, il

fascio ultrasonoro può subire una riflessione totale; per questo è necessario l'uso di sostanze gelatinose tra sonda e cute per eliminare l'aria. Al momento non c'è una posizione precisa in letteratura su quale tra ecografia e rmn sia l'esame gold standard nello studio delle lesioni muscolari, anzi la scelta dell'utilizzo dell'ecografia piuttosto della rmn nella diagnostica delle lesioni muscolari è tuttora indagine di studio ed è chiaramente guidata da vari fattori come la tipologia di infortunio, la disponibilità dei macchinari sul luogo di lavoro, le competenze del radiologo nella lettura dell'esame, il tipo di paziente, i differenti costi degli esami che devono essere valutati dal medico sportivo e, spesso, la decisione del medico sull'utilizzo dell'ecografo o della RMN rimane controversa¹¹. L'ecografia può essere considerata come esame di primo livello, grazie alle sue caratteristiche (economica, rapida, ripetibile, miglior dettaglio anatomico, può essere fatta in comparativa, in dinamica, in carico e valutando la vascolarizzazione) e risulta fondamentale per l'individuazione e la stadiazione del maggior numero di lesioni muscolari, la valutazione dell'evoluzione delle lesioni stesse e l'individuazione di complicanze.

La RMN può essere richiesta solo in determinati casi. Infatti l'ecografia ha alcuni vantaggi: limitata panoramicità (alcune sedi sono inaccessibili per muscoli profondi o mascherati), valutazione precoce impossibile, bassa sensibilità per le lesioni minori¹¹. L'ecografia è un esame molto importante sia per lesioni minori che per lesioni maggiori tuttavia il valore di sensibilità dell'ecografia nei traumi minori (infortuni non strutturali) è sensibilmente inferiore rispetto a quello che ha nei traumi maggiori (infortuni strutturali): 76,92% vs. 92,72%. Questo dato scaturisce dal fatto che nel trauma minore il quadro ecografico è sfumato e poco evidente se l'edema muscolare è di scarsa entità^{2,3}. Alcuni autori suggeriscono l'utilizzo di trasduttori ad elevatissima frequenza per evidenziare le lesioni di minore entità. La sensibilità della ecografia sale seppur di pochi punti percentuali, nelle contusioni di lieve entità; in questo caso, vista l'origine estrinseca del trauma, l'operatore è indirizzato dalla conoscenza del punto di impatto. L'imaging ecografico delle piccole contusioni non si differenzia considerevolmente da quello degli altri traumi minori; in tutti i casi, infatti, il quadro è caratterizzato da imbibizione edematosa del muscolo in assenza di soluzioni di continuo delle fibre muscolari e la differenziazione è possibile solo sulla base dei dati anamnestici. Un dato importante è che in tutti i pazienti con contusione grave, l'ematoma è stato evidenziato sia dall'ecografia che dalla risonanza magnetica e si può quindi avere un valore di sensibilità dell'ecografia pari al 100%⁵.

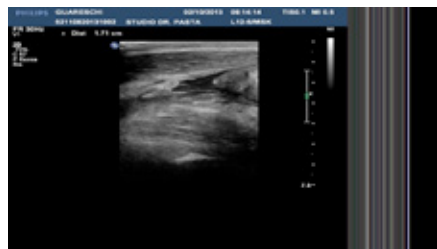
L'ecografia permette dopo 36-48 ore di vedere se esiste un danno strutturale al muscolo, infatti la raccolta emorragica-edematosa è massima dopo 24 ore ed inizia già a diminuire dopo 48 ore (1). In atleti professionisti o di alto livello la RMN può essere richiesta per confermare o escludere infortuni strutturali minori quando clinica ed ecografia sono discordanti. È fondamentale però capire che la RMN da sola non è sufficientemente capace di misurare con precisione la reale estensione del danno strutturale per cui anche gli studi più recenti prediligono la combinazione delle 2 metodiche (6). Il monitoraggio ecografico della lesione prevede un controllo ecografico in 2° e 4°- 5° giorno dall'infortunio, seguito da un controllo all'inizio del lavoro allattacido in campo, un nuovo controllo alla ripresa completa ed eventualmente dopo qualche giorno dopo la ripresa completa.

Come già evidenziato precedentemente l'esame dinamico è fondamentale in tutti i casi, dal momento che consente di rilevare l'allontanamento e la dislocazione dei fasci terziari e di valutare l'effettiva estensione della lesione⁷.



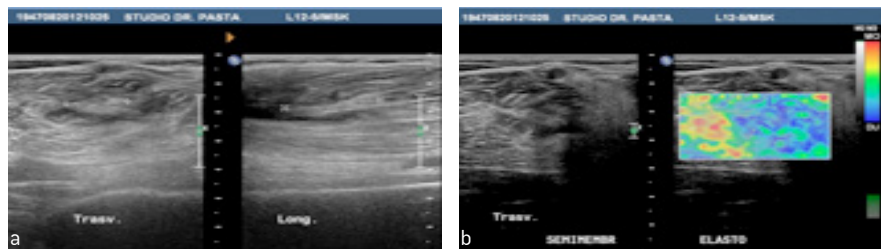
a b
[a] Lesione totale (tipo 4). Ecografia con muscolo rilassato e in contrazione con aumento del gap di lesione [b]

Un altro vantaggio dell'ecografia è la possibilità di usare il DOPPLER e il POWER DOPPLER. Il DOPPLER è una metodica ecografica che permette la visualizzazione ecografica dei principali vasi sanguigni e lo studio del flusso ematico al loro interno basandosi sull'associazione in tempo reale di una immagine ecografica bidimensionale con un segnale doppler pulsato. In sostanza l'ecocolordoppler permette di vedere il movimento del sangue nei vasi, arteriosi e venosi e di studiare quanto sangue giunge ad una struttura o organo. Il POWER DOPPLER è simile al color doppler ma misura l'energia della frequenza delle strutture in esame, in questo modo si ha un segnale più sensibile.



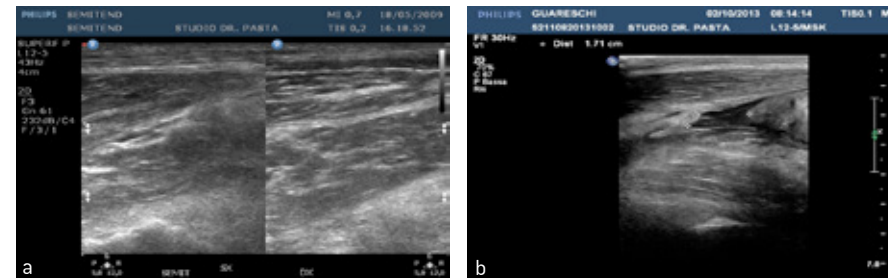
Utilità dell'ecocolorDoppler nel monitoraggio di una lesione muscolare del terzo distale del gastrocnemio mediale in un calciatore che aveva subito questo tipo di infortunio circa 45 giorni prima: si evidenzia come nell'area cicatriziale formata ci sia una evidente ipervascolarizzazione che significa una instabilità dell'area cicatriziale formatasi in sede di lesione.

Nel monitoraggio di una lesione strutturale può essere utile anche lo studio con l'ELASTOSONOGRAFIA anche se questa metodica è ancora in fase di studio e di sviluppo e gli studi fatti sono ancora sperimentali e preliminari. L'ELASTOSONOGRAFIA misura la dislocazione dei tessuti in risposta ad una forza esterna ipotizzando che la dislocazione possa essere minore nei tessuti più duri rispetto ai più soffici. Tale metodica è basata sulla comparazione di onde di radiofrequenza ultrasonore ottenute prima e dopo una lieve compressione tissutale con una sonda normale.¹⁰ Vengono assegnati dei pixel di colore all'immagine elastosonografica in base al grado di dislocazione con un range che va da rosso (tessuti soffici) al blu (tessuti duri).



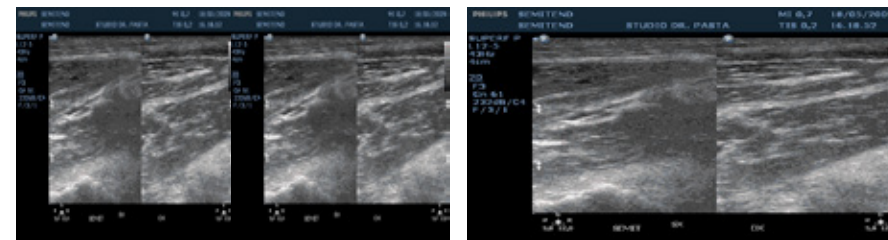
Durezza, rigidità e anelasticità di un tessuto fibrocicatriziale a carico del semimembranoso a distanza di circa 45 giorni dall'evento traumatico in un calciatore professionista. Ecografia in fibrosi cicatriziale (a) ed ecografia con elastosonografia in fibrosi cicatriziale (b).

Infortunio non strutturale All'ecografia il quadro è negativo o tutt'al più si osserva un'area lievemente iperecogena per imbibizione edematosa oppure un'area ipoecogena e soffusa che scompaiono in 3-5 giorni.



Ecografia con area debolmente ipoecogena a margini definiti e quindi lievemente edematosa del semitendinoso (a) Dopo 2 giorni dall'infortunio (b) Dopo 5 giorni dalla precedente ecografia.

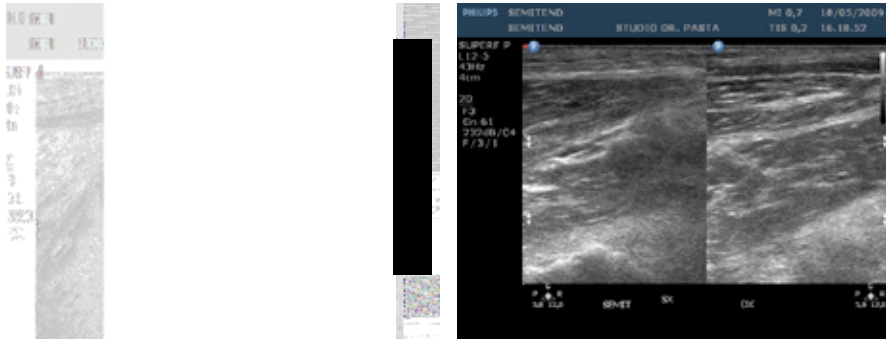
Infortunio strutturale Lo studio ecografico evidenzia la discontinuità dei fasci muscolari, edema reattivo ed ematoma. In caso di rottura completa del ventre muscolare, i fasci muscolari retratti appaiono all'ecografia con la tipica immagine a batocchio di campana, circondati dall'ematoma ipoanecogeno.



Ecografia con area anecogena da lesione parziale minore (3A) del muscolo obliquo dell'addome.

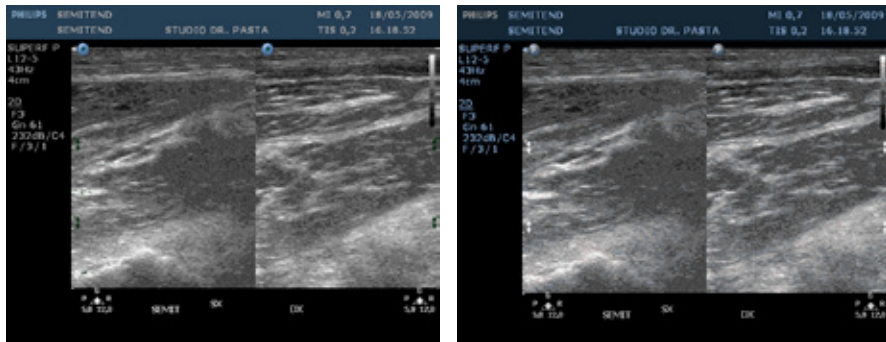


Ecografia che evidenzia una lesione parziale moderata (3B) del muscolo gracile.

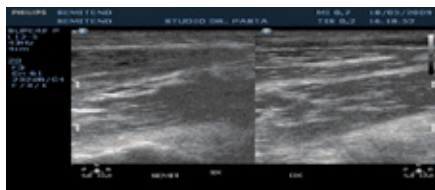


Ecografia di lesione totale (tipo 4) della giunzione muscolo-tendinea del bicipite omerale. Evidente retrazione del ventre muscolare.

L'ecografia oltre che nella individuazione delle lesioni muscolari e nella loro classificazione è molto importante nel monitoraggio delle stesse e quindi nella individuazione delle eventuali complicanze.

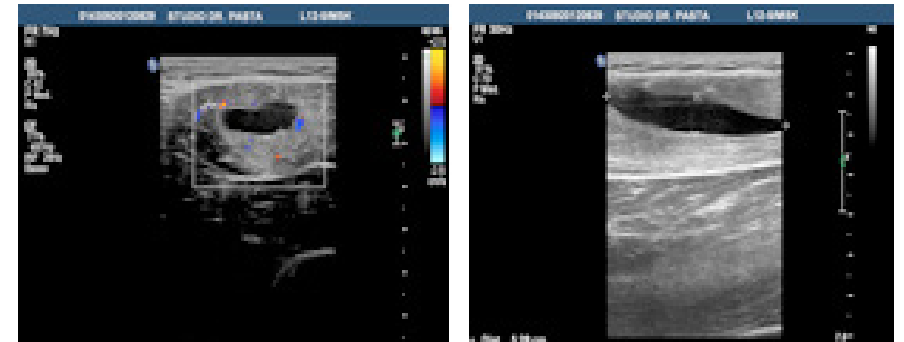


Fibrosi dell'adduttore lungo a circa 2 mesi da lesione parziale moderata (3B). Il tessuto fibrotico è rappresentato da un'area iperecogena nel contesto del muscolo precedentemente lesionato (calciatore professionista).



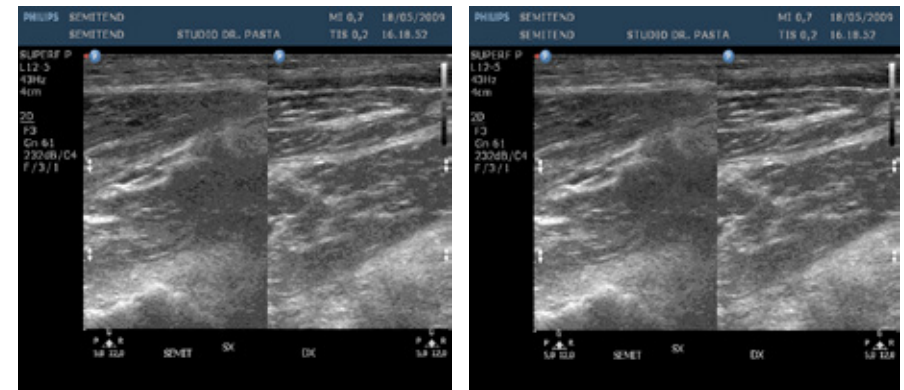
Fibrosi del retto femorale a circa 2 mesi da lesione parziale moderata (3B) (Calciatore professionista).

CISTI SIEROMATICA



Cisti sieromatosa del retto femorale a circa 3 settimane dalla lesione muscolare, con struttura ad aspetto rotondeggiante e ad ecostruttura completamente anecogena (calciatore professionista).

OSSICALCIFICAZIONE INTRAMUSCOLARE CIRCOSCRITTA



Calcificazioni lamellari evidenziabili all'ecografia come immagini iperecogene lineari con cono d'ombra posteriore. Ematoma ancora presente. Esame eseguito a 3 settimane dalla contusione del retto femorale (rugbista professionista).

RISONANZA MAGNETICA

La Risonanza Magnetica Nucleare è un fenomeno fisico caratteristico dei nuclei esposti ad un campo magnetico. E' una tecnica diagnostica basata sull'utilizzo di un campo magnetico e onde elettromagnetiche a radiofrequenza da cui si hanno immagini dettagliate del corpo umano. La forza di un campo magnetico è misurata in unità Tesla o Gauss e più forte è il campo magnetico, più forte è la quantità di segnali radio che può essere provocato dagli atomi del corpo e quindi maggiore è la qualità delle immagini MRI.

1 Tesla = 10,000 Gauss

È chiaro che nella valutazione di infortuni muscolo-tendinei diventa importante avere a disposizione magneti almeno di 1,5 T che permettono di avere una valutazione precisa ed eventualmente comparativa delle varie strutture muscolo-tendinee in esame. Tra i vantaggi della RMN il più importante è la multiparametricità che si basa sul fatto che esistono multiple sequenze a fornire grandi informazioni. Diventano in questo senso importantissime le sequenze ad alto contrasto intrinseco, fluid sensitive, come le STIR e le T2, perché permettono di individuare anche alterazioni minori (infortuni non strutturali); mentre in questo senso l'eco, anche se fatta in dinamica, può avere problemi. La sensibilità per gli infortuni non strutturali passa dal 76% dell'ecografia al 92% della RMN¹¹.

Gli altri vantaggi sono la panoramicità e la pancompartimentalità, che si basano sulla possibilità di avere una visione più ampia dell'area interessata e permettono di valutare muscoli poco o non studiabili all'ecografia¹. Alcuni autori sostengono che la risonanza magnetica è attendibile solo se preceduta da un valido inquadramento clinico che permetta di scegliere le sequenze più adatte e orientare correttamente le scansioni. Negli infortuni non strutturali, grazie all'edema muscolare presente che facilita l'identificazione dell'infortunio, la specificità e la sensibilità arrivano rispettivamente all'80% e all'83%. Gli infortuni strutturali sono riconoscibili facilmente alla risonanza magnetica: le scansioni assiali consentono, grazie all'esame comparativo, di evidenziare le variazioni del volume muscolare e della struttura muscolare e le alterazioni dell'intensità del segnale. Le immagini coronali o sagittali, lungo l'asse del ventre muscolare, permettono di definire l'estensione della lesione⁴.

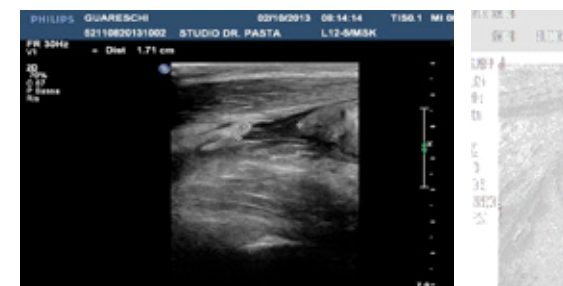
Nella valutazione dei muscoli più profondi, invece, alcuni autori hanno evidenziato una

certa discrepanza, all'ecografia, nella valutazione degli infortuni strutturali e non strutturali dei muscoli hamstring, osservando che la RMN fornisce una stima più corretta dell'entità del danno. Questi studi confermano che l'ecografia ha dei limiti nello studio della patologia muscolare: il potere di risoluzione limitato, l'incapacità di identificare le alterazioni del fascio primario, delle miofibrille e le strutture più piccole del fascio secondario, la difficoltà nel valutare i piani muscolari profondi. La RMN ha una sensibilità molto più alta, rispetto alla ecografia, per la rappresentazione delle alterazioni muscolari specie di quelle in cui si ha la presenza di edema come alterazione di segnale all'interno dei fasci muscolari in assenza di lesione strutturale^{8,9}.

Le indicazioni ad eseguire una RMN negli infortuni muscolari sono quindi riassumibili in:

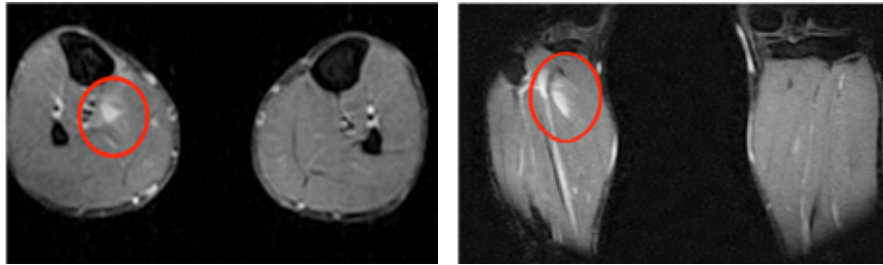
- quando è fondamentale un giudizio prognostico negli infortuni non strutturali in atleti professionisti o di alto livello. Infatti quelli con RMN negativa la prognosi è migliore di quelli con RMN positiva per edema muscolare. (Caso 1)
- quando clinica ed ecografia sono discordanti e si deve escludere un infortunio strutturale in atleti professionisti o di alto livello (vedi pagg. Successive) (Caso 2)
- quando si devono studiare muscoli non accessibili alla ecografia (Caso 3)
- quando in una lesione muscolare subtotale o totale si sospetta l'interessamento del tendine corrispondente o una avulsione tendine-osso (Caso 4).

Infortunio non strutturale La RMN, quando positiva, rileva una lieve e focale iperintensità di segnale.



Caso 1: a) Ecografia negativa b) RMN con edema dello stesso muscolo, rappresentato da una minima areola di iperintensità

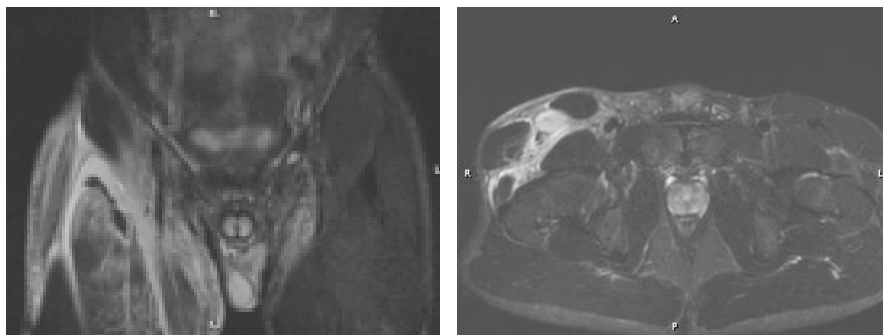
INFORTUNIO STRUTTURALE



Caso 2 : RMN di un maratoneta professionista con lesione parziale minore 3A del flessore lungo dell'alluce. L'ecografia effettuata mostrava una minima area lamellare edematosa lungo il flessore lungo dell'alluce, ma l'atleta aveva accusato dolore pungente durante la corsa. Data la scarsa corrispondenza tra la clinica e la diagnostica, si effettuava una RMN che mostrava la presenza di area con segnale iperintenso, edema associato a stravasamento emorragico, segno di lesione parziale minore (3A) del flessore lungo dell'alluce.

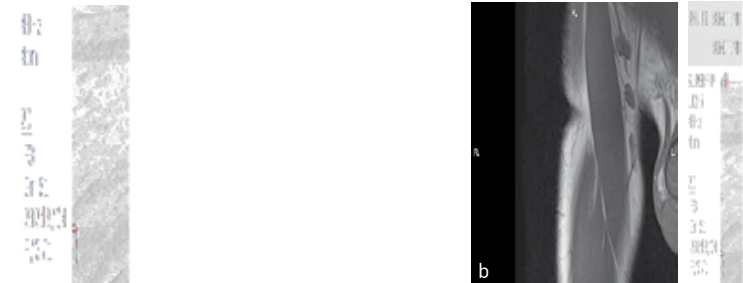


Caso 3: RMN di lesione parziale moderata (3B) del quadrato del femore e del piccolo gemello sinistro]

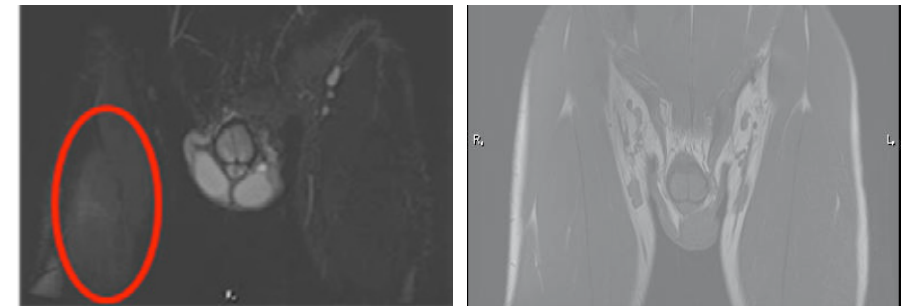


Caso 3: RMN di lesione parziale moderata (3B) del quadrato del femore e del piccolo gemello sinistro]

Inoltre la RMN può essere importante, se eseguita con mezzo di contrasto previa somministrazione endovena di Gadolinio, nel follow up e monitoraggio di un infortunio strutturale nei professionisti o negli atleti di alto livello per valutare la stabilità del tessuto cicatriziale.



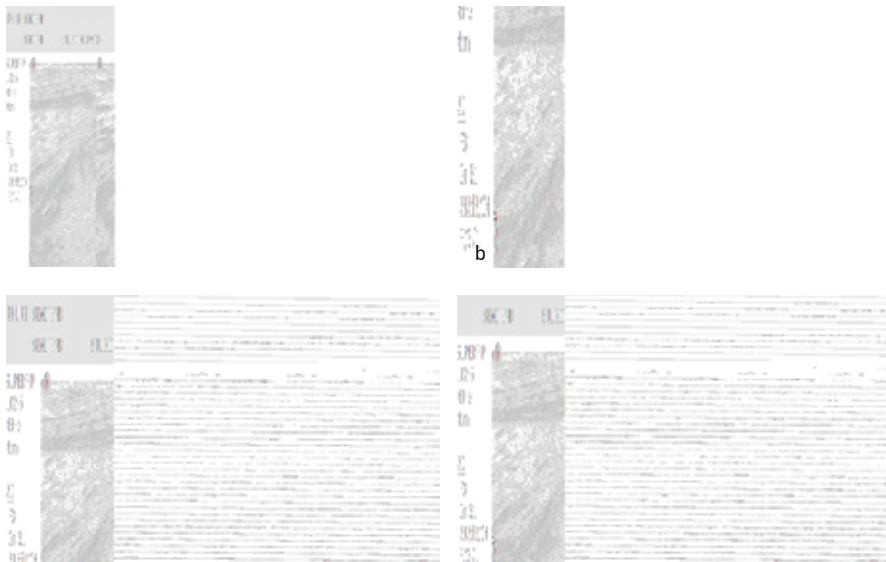
Calciatore professionista. RMN di lesione parziale moderata (3B) della giunzione mio tendinea del retto femorale. Nelle sequenze post GAD si nota l'assunzione del mezzo di contrasto all'interno dell'area cicatriziale dovuto alla neovascolarizzazione. Il tessuto cicatriziale è ancora in fase attiva, quindi espressione di una lesione riparata ma non stabile. Se sottoposta a carichi massimali è a rischio di recidiva. a)RMN 24/07/2012 b)RMN 13/08/2012 PRE e POST GAD.



RMN 27/08/12 PRE E POST GAD: nelle sequenze post GAD non si ha più assunzione di mezzo di contrasto.

RADIOGRAFIA (RX)

In patologia muscolo-tendinea l'RX (eventualmente insieme alla TAC) può essere utile nei casi nei quali si sospetta un distacco apofisario, specialmente nei bambini e negli adolescenti per infortuni a livello della S.I.A.S. (Spina Iliaca Antero Superiore) o della S.I.A.I. (Spina Iliaca Antero Inferiore) o della Tuberosità Ischiatica, oppure per evidenziare eventuali esiti e complicanze di lesioni muscolari, con componente calcifica.



Ecografia (a), RX (b) e RMN (c, d) di distacco apofisario della tuberosità Ischiatica destra.

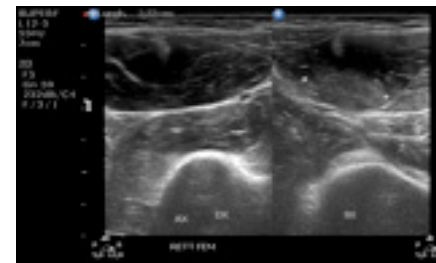


Esito di distacco del tendine indiretto del retto femorale in calciatore professionista ad un anno dall'infortunio.

IMAGING CLASSIFICATIVO

INFORTUNI MUSCOLARI NON STRUTTURALI

L'ecografia è spesso negativa o tutt'al più evidenzia una iperecogenicità o ipoecogenicità transitoria (3-5 giorni). Il Power Doppler è negativo. La RMN è negativa o tutt'al più presenta un edema circoscritto.⁶

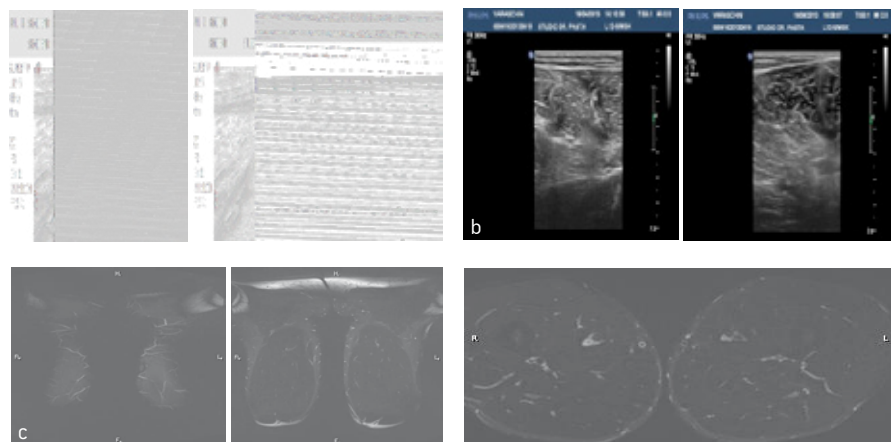


Ecografia in atleta con infortunio non strutturale 1A del retto femorale sinistro



RMN in maratoneta dilettante con infortunio non strutturale tipo 1B: edema diffuso ad entrambi i grandi glutei

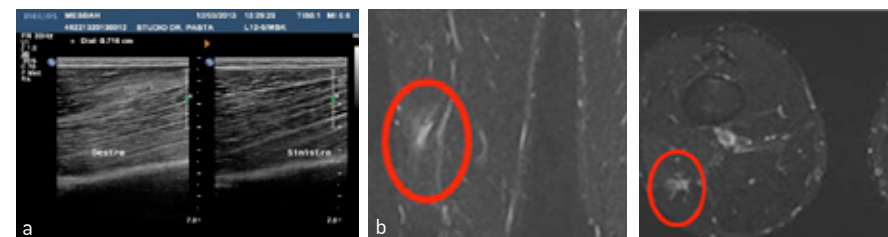




Calciatore professionista con lombalgia insorta da alcuni giorni. Alcune giornate dopo riferisce pesantezza e dolenzia generalizzata agli hamstring sinistri. L'ecografia è negativa. Esegue quindi RMN anch'essa negativa (infortunio non strutturale tipo 2A) a)RMN 4/3/2013 b)ECO 13/3/13 c)RMN 14/3/2013.

INFORTUNI MUSCOLARI STRUTTURALI

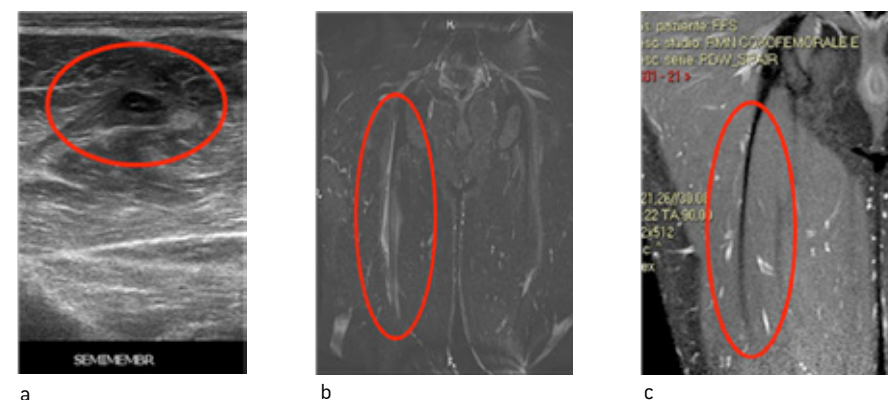
La classificazione si basa sulla estensione anatomica della lesione. Non è sempre facile distinguere una lesione parziale minore da una lesione parziale moderata comunque di piccole dimensioni. Inoltre la RMN può sovrastimare l'entità della lesione. Ecografia e RMN non sono ancora abbastanza precise nella determinazione del danno strutturale; spesso ad esempio il liquido visto alla rmn fa sì che ci possa essere una sovrastima del danno, per cui questo sarà uno degli argomenti più importanti da continuare a studiare nei prossimi anni⁶. Lesione parziale minore. L'ecografia, nella fase acuta, evidenzia un'area lievemente iperecogena che si trasforma poi in un'area disomogeneamente ipoecogena focale con iniziale sovvertimento ecostrutturale nel cui contesto si evidenzia una piccola area anecogena intramuscolare. La RMN evidenzia una imbibizione edematosa con lieve e disomogenea iperintensità di segnale per edema interstiziale e perifasciale, associata ad una piccola e focale iperintensità di segnale per piccolo stravasamento emorragico.



Lesione parziale minore 3A) del bicipite femorale destro in sprinter di alto livello. a) ecografia b) RMN

Lesione parziale moderata L'ecografia in fase acuta evidenzia un'area iperecogena che si trasforma in un'area marcatamente disomogenea con evidente sovvertimento strutturale nel cui contesto si evidenzia un'ampia area anecogena intra ed intermuscolare.

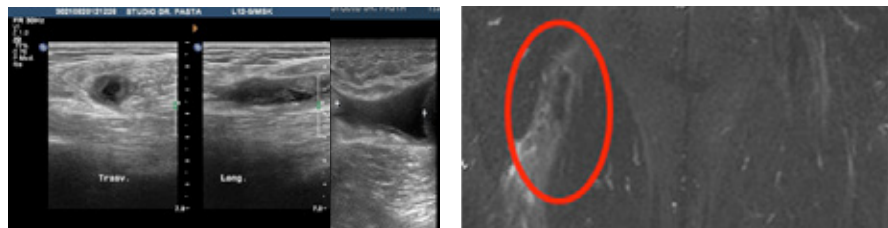
La RMN evidenzia un aumento di dimensioni del muscolo per imbibizione edematosa, associata a disomogenea iperintensità di segnale per edema a livello interstiziale e perifasciale, con presenza di una vera e propria raccolta liquida con iperintensità di segnale per stravasamento emorragico.



Lesione parziale moderata (3B) del semimembranoso in calciatore professionista. a)ecografia 1/10/2012 b)RMN 15/10/2012 c)RMN 2/11/2012: risoluzione del quadro e restituito ad integrità.

Lesione parziale subtotale o totale L'ecografia in fase acuta evidenzia un' area marcatamente disomogenea e disorganizzata iso-iperecogena, che si trasforma in un'area marcatamente disomogenea con pronunciato sovvertimento strutturale, retrazione dei monconi a батасchio di campana e vasta area anecogena intra e intermuscolare.

La RMN evidenzia una retrazione dei monconi che presentano margini irregolari e ondulati con vasta raccolta liquida iperintensa per lo stravasamento emorragico che si forma tra i due monconi.



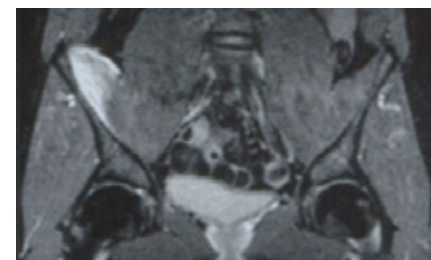
a
b
Ecografia (a) e RMN (b) in lesione subtotale (4P) della giunzione muscolo-tendinea prossimale del bicipite femorale in calciatore professionista.

INFORTUNI MUSCOLARI DA TRAUMA DIRETTO



Contusione lieve

Ecografia con area ipoecogena del vasto laterale sinistro.

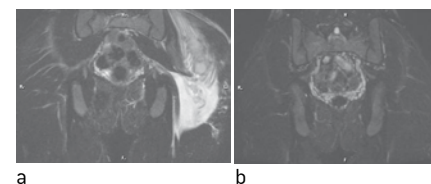


Contusione severa

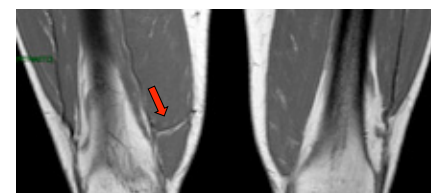
RMN di calciatore professionista con contusione del muscolo iliaco destro.



Ecografia di calciatore professionista con vasta area anecogena ed ematoma del vasto intermedio.



RMN di rugbista professionista con vasto ematoma intra ed intermuscolare del gluteo sinistro a) da trauma diretto b) a 45 giorni dal trauma che mostra la risoluzione dell'infortunio



Lacerazione

Esiti di lacerazione del vasto mediale destro in calciatore dilettante. RMN eseguita 5 anni dopo il trauma.

BIBLIOGRAFIA

1. Takebayashi S, Takasawa H, Banzai Y et al (1995) Sonographic findings in muscle strain injury: clinical and MR imaging correlation. J Ultrasound Med 14:899–905
2. Ultrasound and magnetic resonance imaging in sports-related muscle injuries Ruolo dell'ecografia e della risonanza magnetica nello studio delle lesioni muscolari A. Megliola1 • F. Eutropi1 • A. Scorzelli1 • D. Gambacorta1 • A. De Marchi2 • M. De Filippo3 C. Faletti2 • F.S. Ferrari1 Radiol med (2006) 111 DOI 10.1007/s11547-006-0077-5
3. Dierking JK, Bembien MG, Bembien DA et al (2000) Validity of diagnostic ultrasound as a measure of delayed onset muscle soreness. J Orthop Sports Phys Ther 30:116–122
4. De Smet AA (1993) Magnetic resonance findings in skeletal muscle tears. Skeletal Radiol 22:479–484
5. Hashimoto BE, Kramer DJ, Wiitala L (1999) Applications of musculoskeletal Ultrasound. J Clin Ultrasound 27:293–318
6. M.Wohlfahrt - J.Ekstrand - J.Orchard et Al., BR J Sports Med 2012
7. Fornage BD (1995) Muscular trauma. Clin Diagn Ultrasound 30:1–10
8. Kolouris G, Connell D (2003) Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. Skeletal Radiol 32:582–589
9. Rubin SJ, Feldman F, Staron RB et al (1995) Magnetic resonance of muscle injury. Clin Imaging 19:263–269
10. Itoh et Al.2006
11. “Diagnostic imaging in muscle injury” Dr.G.Pasta-Dr.M.Manara Muscle injuries in sports medicine Journal September 2013

PREVENZIONE PREVENZIONE



La prevenzione degli infortuni muscolari, siano essi strutturali o non strutturali, si basa essenzialmente sulla gestione di quei fattori che la letteratura ha individuato essere importanti nell'insorgenza della sofferenza muscolare. Alcuni di questi sono modificabili, altri, al contrario, non modificabili e per tale motivo non suscettibili di alcun intervento preventivo.¹

LA FATICA

Diversi sono gli studi che hanno dimostrato che la fatica altera il controllo neuromuscolare in quei muscoli reclutati nella corsa e nella frenata^{2, 3, 4, 5, 6, 7}. La fatica compromette significativamente il delicato controllo neuromuscolare durante l'esecuzione di uno scatto producendo una dissinergica attivazione neuromuscolare nelle accelerazioni e nei cambi di direzione⁸. Prevenire la percezione della fatica e tutta la cascata di eventi che ne può conseguire, è importante per l'integrità dei muscoli. È opportuno mettere in pratica tutti i presidi per ridurre la percezione della fatica: giusta idratazione, corretta alimentazione ed integrazione alimentare, eseguire test metabolici e atletici e programmare protocolli di allenamento con carichi personalizzati.

Atro fattore di rischio elencato dalla letteratura è la debolezza muscolare e lo squilibrio di forza tra muscoli agonisti-antagonisti in special modo la differenza di forza eccentrica degli Hamstring (H) o del Quadricipite (Q) espressa tra i due arti, ed il rapporto Hamstring-Quadricipite dello stesso arto¹². Nello studio di Croisier gli atleti non trattati con squilibri di forza sono risultati avere una probabilità 4-5 volte maggiore nel sostenere un infortunio, sia strutturale che non, al bicipite femorale rispetto al gruppo di controllo¹³. In particolare una differenza di forza degli Hamstring $\geq$ al 5% rispetto all'arto contro laterale, ed un valore espresso dal rapporto $H\text{ ecc}(30^\circ\text{s})/Q\text{ conc}(240^\circ\text{s}) \geq$ di 15 sono statisticamente significative nell'aumento dell'incidenza degli infortuni strutturali degli Hamstring¹³. È fondamentale ripristinare la forza eccentrica ed allenare i muscoli alla forza ed alla resistenza eccentrica, eseguendo, durante la preparazione o a fine trattamento riabilitativo, test di forza per conoscere l'effettivo valore della forza dei muscoli testati.

La **flessibilità o lunghezza** è da sempre chiamata in causa come fattore preventivo dei danni sia strutturali che non strutturali. La letteratura a riguardo è contraddittoria anche se i lavori che sostengono il valore preventivo della flessibilità muscolare sono nettamente superiori^{19, 20, 21, 22}. In particolare il lavoro di Witvrouw asserisce che atleti con ipoestensibilità

degli Hamstring hanno probabilità più alta di avere lesioni muscolari. Dunque lo stretching è un rimedio da utilizzare per migliorare la flessibilità dell'unità muscolo tendinea, ma i programmi devono durare più di 4 settimane ^{22, 23}.

Tra i fattori annoverati dalla letteratura come preventivi ritroviamo:

Gestione e Trattamento di patologie esistenti per evitare che sfocino in danni strutturali più o meno gravi. Infatti gestire e curare i disordini muscolari non strutturali vuol dire prevenire future lesioni strutturali. L'infortunio non strutturale può essere legato a diversi fattori, ma anche a patologie distanti dal muscolo infortunato come nel caso della sofferenza del tratto lombare (2A della classificazione) in cui le radici del plesso sciatico e sacrale possono essere irritate conferendo un ipertono ai muscoli ischio crurali o al tricipite surale ^{19, 24}.

L'ESERCIZIO ECCENTRICO

Diversi sono i lavori randomizzati controllati che documentano la riduzione dell'incidenza, statisticamente significativa, di infortuni strutturali nei programmi di prevenzione in cui sono inseriti gli esercizi di allenamento eccentrico. ^{14, 15, 16, 17}

L'allenamento alla resistenza ed alla forza espresso dall'esercizio eccentrico, provoca un adattamento muscolare che migliora i livelli del picco della curva tensione-lunghezza, specialmente se si lavora vicini al limite del range di lunghezza dell'unità muscolotendinea.¹⁸

Un altro vantaggio dell'esercizio eccentrico, è quello di agire sulla rigidità dell'unità muscolo tendinea. La rigidità muscolo tendinea è definita come la quantità di tensione presente nell'unità muscolo-tendinea, ed è calcolata come il rapporto tra il picco di forza e la variazione di lunghezza della stessa unità. Questa rigidità, che in italiano sarebbe meglio tradurre come capacità di deformabilità, è elemento determinante nel processo di assorbimento dello shock eccentrico durante un gesto sport specifico³. L'esercizio eccentrico deve essere eseguito lungo tutta l'escursione articolare del distretto in cui il muscolo è inserito, utilizzando carichi naturali oppure macchinari come l'isocinetica, l'ercolina o gli elastici a resistenza variabile. In qualsiasi tipo di esercizio eccentrico, la progressione deve essere graduale, con cadenza inizialmente non quotidiana per evitare l'effetto DOMS, e la clinica deve guidare la quantità e l'intensità dello stesso, per evitare una lesione iatrogena dei muscoli che si vogliono allenare. Una volta allenato il muscolo al carico eccentrico, si inseriscono i gesti sport specifici nel programma di allenamento.

TRAINING PROPRIOCETTIVO

Nello studio condotto da Kraemer et coll. l'incidenza di lesioni degli Hamstring si riduce in modo statisticamente significativo all'umentare delle ore di trainig propriocettivo svolto dalla squadra^{9, 10}. Affinchè l'allenamento propriocettivo sia funzionalmente efficace deve avere le seguenti caratteristiche: essere preceduto da un adeguato riscaldamento, essere eseguito non a muscolo stanco, con le scarpe adatte allo sport da praticare, in appoggio bipodalico ed in appoggio monopodalico alternato, su superfici stabili ed instabili separatamente, con esercizi dinamici che prevedano il passaggio da superfici stabili a quelle instabili e viceversa, in appoggio mono o bipodalico con o senza salto. La difficoltà e le velocità di esecuzione devono essere crescenti; per completare ed affinare le abilità di controllo neuromotorio è opportuno inserire gesti sport specifici durante l'esecuzione del lavoro propriocettivo^{3, 11}. Per enfatizzare il controllo neuromuscolare è opportuno inserire esercizi pliometrici accoppiati alle superfici instabili. Nel programma di prevenzione elaborato dalla FIFA definito come 11 Plus su 15 esercizi previsti dal programma di warm-up, 5 sono dedicati all'allenamento delle abilità propriocettive e di controllo neuromuscolari (vedi esercizi 10.1 – 10.2 – 10.3 - 12.2 – 15) (www.f-marc.com).

CORE STABILITY

In uno studio condotto sui giocatori di football Australiani, si è osservato che molte delle lesioni che si avevano ai muscoli posteriori della coscia avvenivano a tronco flesso durante la corsa, tipico della posizione che si assume durante lo scatto e le accelerazioni, o la presa della palla ovale (football) 25. C'è evidenza scientifica che il rinforzo del core riduce il rischio di lesione sia dei muscoli adduttori che degli Hamstring 10, 4, 26. Per l'importanza e la giusta attenzione da dover prestare al rinforzo della core, il programma di warm-up per la prevenzione degli infortuni nel calcio, elaborato in collaborazione con la FIFA (11 Plus) ha inserito ben 6 esercizi dedicati ai muscoli del tronco e della pelvi. (7.1-2-2, 8.1-2-3., <http://f-marc.com/11plus/manuale/>).

EVITARE QUANTO PIÙ POSSIBILE LA RECIDIVA

Il rischio di incorrere in una recidiva in quei muscoli che hanno già subito una precedente lesione aumenta da 2 a 6 volte e spesso la recidiva si registra entro i due mesi dal ritorno in campo 5, 6, 7. La percentuale di rischio sembra aumentare gradualmente con l'aumentare del numero delle precedenti lesioni, e si riduce all'aumentare del tempo trascorso tra precedente lesione e il ritorno in campo 5.

PREVENZIONE		
Esercizio fisico	Ripristino squilibri muscolari	Training propriocettivo
Stretching	Rinforzo core stability	Riproduzione delle recidive
Allenamento alla fatica	Gestione pat. preesistenti	

BIBLIOGRAFIA

1. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, Petersen J, Holmich P. Evidence Based Prevention Of Hamstring Injuries In Sport, Br J Sports Med 2005;39:319–323.
2. Riemann BL, DeMont RG, Ryu K, Lephart SM. The Effects of Sex, Joint Angle, and the Gastrocnemius Muscle on Passive Ankle Joint Complex Stiffness. J Athl Train. 2001 Dec;36(4):369-375.
3. Marcus C. C. W. Elliott, Bertram Zarins, John W. Powell, Charles D. Kenyon. Hamstring Muscle Strains in Professional Football Players A 10-Year Review Am J Sports Med April 2011 vol. 39 no. 4 843-850
4. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. J Orthop Sports Phys Ther. 2010 Feb;40(2):67-81.
5. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. Am J Sports Med. 2010 Jun;38(6):1147-53
6. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. Am J Sports Med. 2013 Feb;41(2):327
7. Ahmad CS, Redler LH, Ciccotti MG, Maffulli N, Longo UG, Bradley J. Evaluation and Management of Hamstring Injuries. Am J Sports Med. 2013 May 23.
8. Elliott MC, Zarins B, Powell JW, Kenyon CD. Hamstring muscle strains in professional football players: a 10-year review. Am J Sports Med. 2011 Apr;39(4):843-50.
9. Kraemer R, Knobloch K. A soccer-specific balance training program for hamstring muscle and patellar and achilles tendon injuries: an intervention study in premier league female soccer. Am J Sports Med. 2009 Jul;37(7):1384-93.
10. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. BMC Med. 2012 Jul 19;10:75.
11. Kraemer R, Knobloch K. A soccer-specific balance training program for hamstring muscle and patellar and achilles tendon injuries: an intervention study in premier league female soccer. Am J Sports Med. 2009 Jul;37(7):1384-93.
12. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players Br J Sports Med. 2011 Jul;45(9):709-14.
13. Petersen J, Thorborg K, Bachmann Nielsen M, Budtz-Jørgensen E, Hölmich P. Preventive Effect Of Eccentric Training On Acute Hamstring Injuries In Men's Soccer A Cluster-Randomized Controlled Trial Am J Sports Med November 2011 vol. 39 no. 11 2296-2303
14. Longo UG, Loppini M, Berton A, Marinozzi A, Maffulli N, Denaro V. The FIFA 11+ program is effective in

- preventing injuries in elite male basketball players: a cluster randomized controlled trial. Am J Sports Med. 2012 May;40(5):996-1005.
15. Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. Scand J Med Sci Sports. 2008 Feb;18(1):40-8.
 16. Da Silva Q, Cotte TVicard L, et al Interest of eccentric isokinetic exercises in cases of calcaneal tendinosis and thigh muscular injuries: Prospective study results. Isokinetics Exerc Sci 2005;13(1):39-44
 17. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. Am J Sports Med. 2002 Mar-Apr;30(2):199-203.
 18. Hibbert O, Cheong K, Grant A, Beers A, Moizumi T. A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals. N Am J Sports Phys Ther. 2008 May;3(2):67-81.
 19. 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.
 20. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. Scand J Med Sci Sports. 2010 Apr;20(2):169-81.
 21. McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Kremenik IJ, Nicholas SJ, Gleim GW. The role of passive muscle tiffness in symptoms of exercise induced muscle damage. Am J Sports Med. 1999 Sep-Oct;27(5):594-9.
 22. LaRoche DP, Connolly DA Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. Am J Sports Med. 2006 Jun;34(6):1000-7.
 23. Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, Bryant AL, Cameron ML, Crossley KM, Makdissi M. A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. Am J Sports Med. 2010 Oct;38(10):2058-64.
 24. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, Orchard J, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, Schamasch P, Blottner D, Swaerd L, Goedhart E, Ueblicker P. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. Br J Sports Med. 2013 Apr;47(6):342-50.
 25. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. Br J Sports Med. 2005 Jun;39(6):363-8
 26. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. BMJ. 2008 Dec 9;337:a2469.

RECIDIVE



Nonostante i numerosi e qualificati studi su questo argomento, il numero delle recidive dopo infortuni strutturali e non strutturali da trauma indiretto è ancora alto. Per recidiva si intende un nuovo infortunio, da trauma indiretto, nella stessa zona e/o nello stesso muscolo interessato dal precedente infortunio, che si verifica entro due mesi dal completo ritorno alla attività sportiva¹. Le recidive, negli infortuni strutturali, possono essere suddivise in precoci (entro i primi 10 giorni dalla lesione) e tardive. Le prime interessano solitamente la stessa zona della precedente lesione e quindi il tessuto cicatriziale che si sta formando. Le altre interessano per lo più il tessuto sano vicino alla lesione precedente o zone più lontane ma dello stesso muscolo. I tempi di recupero dopo una recidiva sono più lunghi rispetto a quelli della lesione primaria. In recenti studi epidemiologici condotti su calciatori di elite è stata riportata una incidenza del 16% di recidive, in altri del 13% negli infortuni strutturali e nel 12% degli infortuni non strutturali^{1,2}.

Uno dei fattori di rischio più importanti per lesione muscolare degli arti inferiori è l'evenienza di una precedente identica lesione^{3,4}. Inoltre, fattori di rischio sono correlati alle modificazioni insorte dopo la prima lesione muscolare (rigidità o ipotrofia muscolare, tessuto cicatriziale anelastico, alterazioni biomeccaniche, alterazioni del controllo neuromuscolare) così come a trattamenti inadeguati (riabilitazione troppo aggressiva o incompleta, sottovalutazione di una precedente lesione, immobilizzazione prolungata dopo la prima lesione, trattamenti incongrui) e possono ulteriormente predisporre l'atleta alla recidiva^{5,6}. Le lesioni che più sono a rischio di recidive sono quelle di tipo 3A e 4 per motivi diversi⁷. Le prime perché spesso sottostimate o non diagnosticate correttamente, le seconde a causa della gravità dell'infortunio stesso. I muscoli che sono più colpiti da recidiva sono gli hamstring, il retto femorale e il gemello mediale. Un deficit di forza eccentrica a carico dei flessori predispone gli stessi ad una recidiva⁸.

La sintomatologia della recidiva è identica a quella dell'infortunio primario e le stesse considerazioni vanno fatte per ciò che riguarda le indagini strumentali ed il protocollo terapeutico. La prevenzione delle recidive deve tenere presente la ricerca e la correzione dei fattori predisponenti l'infortunio muscolare primario, e parte da una corretta diagnosi dell'infortunio primario stesso, dalla breve immobilizzazione (da limitare il più possibile e solo nei primissimi giorni dopo un infortunio strutturale), dagli esercizi eseguiti in sicurezza secondo precisi criteri (Vedi capitolo trattamento degli infortuni muscolari), dal completamento del programma riabilitativo dell'infortunio primario (Vedi capitolo trattamento), dall'attenta gestione dell'atleta una volta tornato con la squadra (Vedi capitolo trattamento). Inoltre è stato scientificamente dimostrato, per ciò che riguarda gli hamstring che un programma di rinforzo eccentrico basato sull'esercizio del "nordic hamstring" (vedi capitolo trattamento) si è dimostrato efficace nel prevenire le recidive di lesione in un gruppo di calciatori sia professionisti che dilettanti⁸.

BIBLIOGRAFIA

1. Ekstrand J, Askling C, Magnusson H, Mithoefer K. Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *Br J Sports Med.* 2013; 47:769-74.
2. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011; 39:1226-32.
3. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, et al. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 2004 Jan-Feb;32(1 Suppl):5S-16S.
4. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *Am J Sports Med.* 2013 Feb;41(2):327-35.
5. Croisier JL. Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Med.* 2004;34(10):681-95.
6. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med.* 2012 Mar 1;42(3):209-26.
7. Malliaropoulos N, Papacostas E, Kiritsi O, Maffulli N, et al. Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med.* 2010 Sep;38(9):1813-9.
8. Petersen J, Thorborg K, Bachmann Nielsen M, 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):2296-303

TRATTAMENTO CONSERVATIVO

TRATTAMENTO CONSERVATIVO

123REF



INFORTUNI NON STRUTTURALI

Non esistono evidenze di rilievo su come trattare questo tipo di infortuni muscolari. Indicativamente hanno una prognosi intorno ai 5-15 giorni e il protocollo di trattamento più efficace sembra essere:

- riduzione dei carichi di lavoro fino a completa remissione della sintomatologia
- progressivo lavoro aerobico e di fitness generale
- recupero attivo in piscina
- elettroterapia antalgica
- applicazione di terapie fisiche con finalità vascolarizzanti
- applicazione di calore favorente il ripristino del normale metabolismo cellulare
- massaggio decontrattante

Nel 1B (DOMS) l'immersione in acqua fredda (10-15 °C per 5-8 minuti) si è dimostrata utile nel ridurre, ma soprattutto nel prevenire, la dolenzia muscolare e l'infiammazione. Il massaggio non è efficace soprattutto nei primi giorni ^{1,2}. Nel 2A, oltre al trattamento del muscolo interessato dall'infortunio, bisogna trattare la patologia a livello del rachide e del bacino (manipolazioni, esercizi di core-stability, massaggio e recupero dell'estensibilità dei muscoli accorciati, come spesso avviene per gli hamstring, e del tono-trofismo dei muscoli ipotonici, come spesso avviene per grande gluteo e addominali) ³. Lo stretching del muscolo interessato da questo tipo di infortunio non sembra dare, di per sé, sollievo ³. È importante essere certi di non trovarsi di fronte ad una lesione parziale minore, invece che ad un infortunio non strutturale, prima di intraprendere il protocollo terapeutico sopra descritto per quest'ultimo tipo di infortunio

INFORTUNI STRUTTURALI - Premesse generali

Molti degli attuali principi di trattamento delle lesioni muscolo-scheletriche mancano di sicure basi scientifiche. Differenti proposte terapeutiche, alcune molto utilizzate e recenti, non hanno ancora avuto riscontri nei dati della letteratura. L'errore principale è considerare "quello che va per la maggiore" come realmente efficace ed efficiente ⁴. L'esercizio proposto dovrà rispettare il principio di specificità, di progressione e di individualizzazione. In tutti i muscoli bi-articolari è molto importante sapere se la lesione si è verificata prossimalmente

o distalmente perché ciò comporta un cambio di focus riabilitativi e di esercizi funzionali (ad esempio nel trattamento di lesioni degli ischio-crurali verrà proposto il “nordic hamstring” (fig. 1) per una sofferenza distale piuttosto che il “single leg dead lift” (fig.2) o il “romanian dead lift” (fig.3) che vengono proposti prevalentemente per una sofferenza prossimale).



Fig. 1 Nordic Hamstring



Fig. 2 Single leg Dead lift posizione di partenza (a), intermedia (b) e di arrivo (c)



Fig. 3 Romanian dead lift

Dovrà essere tenuto in considerazione che il dolore è un fattore riducente la capacità di carico, inibente la corretta attivazione neuromotoria, ma anche un fattore protettivo efficace per il tessuto cicatriziale che si sta formando, motivo per cui, gli esercizi andranno eseguiti nel rispetto della sintomatologia dolorosa⁵. Somministrare un carico progressivo, nel rispetto della stabilizzazione del tessuto cicatriziale, permetterà una più veloce e completa rigenerazione delle fibre muscolari infortunate. Tenendo presente le 3 fasi biologiche attraverso le quali avviene la guarigione di una lesione muscolare, verranno utilizzate terapie per contrastare il fenomeno infiammatorio durante la prima fase (degenerativa, infiammatoria); nella seconda fase (rigenerativa) verranno attivati diversi stimoli tra i quali quelli meccanici, in modo da indurre una riparazione tissutale ottimale; nell'ultima fase (rimodellamento) saranno proposte esercitazioni che inducono il tessuto di riparazione a modellarsi secondo specifiche caratteristiche, a seconda dell'attività sportiva praticata dall'atleta. Le lesioni della giunzione muscolo-tendinea sono più complesse di quelle che colpiscono il ventre muscolare e richiedono un tempo di guarigione più lungo. Anche le lesioni mio-fasciali richiedono una maggiore attenzione e necessitano di un recupero più lento rispetto una semplice lesione muscolare. Da sottolineare inoltre che la probabilità di ricevere una diagnosi precoce accurata e di avere un trattamento fisioterapico riabilitativo con continuità è differente a seconda che si tratti di atleti professionisti, dilettanti o amatori. L'atleta professionista è affidato ad uno staff sanitario e quindi dovrebbe ricevere le migliori cure possibili; i dilettanti e gli amatori hanno probabilmente più difficoltà a gestire la fase immediatamente seguente il trauma e, con altrettanta probabilità, trasformeranno l'ultimo periodo riabilitativo in un ciclo ridotto e perlopiù autogestito. La conseguenza è un tempo di guarigione più lungo con il rischio di recidiva più alto.

ORGANIZZAZIONE DEL TRATTAMENTO CONSERVATIVO

Il percorso rieducativo e di recupero funzionale viene organizzato e suddiviso in 3 periodi che comprendono, dopo la fase acuta (0-3° giorno post infortunio), le altre fasi della riabilitazione (fig.4).

FASI DELLA RIABILITAZIONE	
FASE 1	Riduzione del dolore, gonfiore e flogosi
FASE 2	Recupero dell'articolartà e dell'estensibilità
FASE 3	Recupero della forza e della resistenza
FASE 4	Recupero di coordinazione e propriocettività
FASE 5	Recupero del gesto tecnico specifico e parametri atletici sport specifici

Fig. 4 Le fasi della riabilitazione

Gli obiettivi primari comuni alla riabilitazione di tutte le patologie post-traumatiche sono: il controllo del dolore e dell'infiammazione nella fase acuta, il recupero dell'articolartà e della flessibilità e, successivamente, il recupero della forza e della resistenza muscolare, il recupero della coordinazione neuromotoria e il recupero del gesto sport-specifico. Precisi e specifici obiettivi funzionali per il recupero degli infortuni strutturali contraddistinguono invece i singoli periodi nei quali è stato suddiviso il percorso riabilitativo per questi infortuni, con ovvie modificazioni nella durata di ciascuno, in base alla gravità della lesione (Tab.1).

FASE 1	FASE 2 - 3 1° OBIETTIVO FUNZIONALE	FASE 3 - 4 2° OBIETTIVO FUNZIONALE	FASE 4 - 5 3° OBIETTIVO FUNZIONALE
- P.R.I.C.E. - P.O.L.I.C.E.	- Scomparsa del dolore nei movimenti della vita quotidiana - Lavoro di forza del muscolo infortunato in assenza di dolore per un carico non inferiore alla metà del carico massimo teorico - Recupero di oltre il 90% del deficit di estensibilità del muscolo infortunato	- Assenza di dolore o "diversità" del muscolo infortunato per tutti gli esercizi proposti - Recupero della estensibilità completa del muscolo infortunato - Recupero completo della forza (anche eccentrica) del muscolo infortunato - Recupero delle caratteristiche atletiche sport-specifiche (S2/S4) - Recupero del peso e della % di massa grassa ottimale - Assenza di dolore o "diversità" del muscolo infortunato per tutti gli esercizi proposti - Recupero della estensibilità completa del muscolo infortunato - Recupero completo della forza (anche eccentrica) del muscolo infortunato - Recupero delle caratteristiche atletiche sport-specifiche (S2/S4) - Recupero del peso e della % di massa grassa ottimale	- Consolidamento delle caratteristiche di forza ed estensibilità del muscolo infortunato - Recupero della gestualità sport-specifica - Recupero della resistenza alattacida - Affidabilità e resistenza gesto-specifica del muscolo infortunato
	LUOGO DI LAVORO: palestra LAVORO ATLETICO PRINCIPALE: aerobico	LUOGO DI LAVORO: palestra + campo LAVORO ATLETICO PRINCIPALE: aerobico + anaerobico + lattacido	LUOGO DI LAVORO: palestra + campo LAVORO ATLETICO PRINCIPALE: anaerobico + lattacido

Tab. 1 Suddivisione del percorso riabilitativo dopo infortunio muscolare strutturale

Durante tutto il percorso ci deve essere una continua interazione tra le figure inserite nel team riabilitativo per programmare e monitorare il recupero dell'atleta (tab.5).

PERCORSO RIABILITATIVO E FIGURE PROFESSIONALI COINVOLTE				
FASE 1	FASE 2 - 3 1° OB. FUNZIONALE	FASE 3 - 4 2° OB. FUNZIONALE	FASE 4 - 5 3° OB. FUNZIONALE	RITORNO CON LA SQUADRA
- MEDICO - FISIOTERAPISTA	- FISIOTERAPISTA	- FISIOTERAPISTA - PREPARATORE ATLETICO INFORTUNI	- PREPARATORE ATLETICO INFORTUNI - FISIOTERAPISTA	- GUARIGIONE CONDIZIONATA - TECNICO - PREPARATORE ATLETICO "SANI" - FISIOTERAPISTA
AMBULATORIO MEDICO	PALESTRA	PALESTRA CAMPO	CAMPO PALESTRA	CAMPO PALESTRA

Tab 5. Percorso riabilitativo dopo infortunio muscolare strutturale e figure professionali che devono interagire tra loro. In rosso la figura professionale e il luogo di lavoro a più alto rischio di insorgenza di problematiche nelle varie fasi del percorso riabilitativo.

Il medico è il responsabile della diagnosi, sovrintende l'intero percorso riabilitativo, il monitoraggio clinico ed ecografico (Fig.6). Le altre figure professionali sono responsabili della corretta esecuzione dei lavori proposti, ognuno per ciò che gli compete, e devono riferire al medico ogni problematica che dovesse verificarsi durante il percorso riabilitativo.

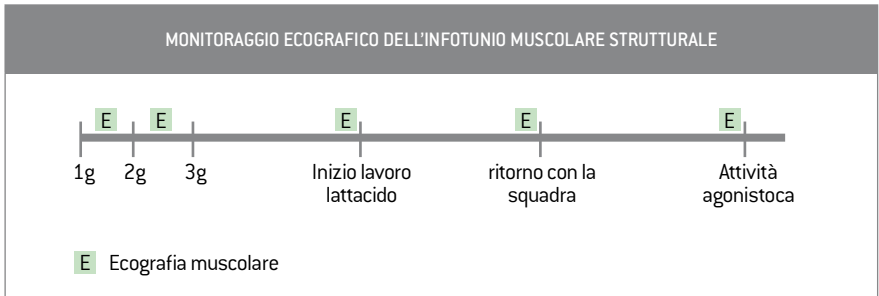


Fig. 6 Monitoraggio ecografico dell'infortunio muscolare strutturale.

TRATTAMENTO DELLA FASE ACUTA

Immediatamente dopo una contusione (trauma diretto) o una lesione da trauma indiretto il protocollo da utilizzare è il cosiddetto P.R.I.C.E. (Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation) ampiamente utilizzato in traumatologia nonostante non vi siano ancora studi randomizzati-controllati che evidenzino la sua reale efficacia.^{7,8,9,10,11} Questo protocollo prevede nelle prime 24-48 ore la protezione del muscolo infortunato da movimenti che potrebbero danneggiare il processo riparativo e rallentare la guarigione, il riposo, l'applicazione di crioterapia, bendaggio compressivo ed elevazione dell'arto interessato. Il razionale del riposo funzionale risiede nell'evidenza che lo scarico dell'arto, nelle prime ore dopo l'infortunio, riduce la formazione dell'ematoma, previene la retrazione delle fibre danneggiate e la formazione di un eccesso di tessuto cicatriziale.^{5,7} La crioterapia, specialmente se associata al bendaggio compressivo, riduce l'entità dell'ematoma post traumatico, l'infiammazione e la necrosi dei tessuti, accelerando di fatto il processo rigenerativo⁷. Nella pratica clinica viene consigliata l'immediata compressione con associata crioterapia per 15-20 minuti alternata a pause libere.^{7,8,9} Per ciò che riguarda le contusioni nelle prime ore dopo l'infortunio è bene applicare un bendaggio elasto-compressivo per evitare che una eccessiva compressione del muscolo danneggiato induca l'atleta a togliere la compressione stessa a causa dell'intensa stimolazione dolorosa. Infine l'elevazione dell'arto infortunato, sopra il livello del cuore, favorisce il ritorno venoso, riducendo l'accumulo di fluidi interstiziali. Alcuni Autori ritengono che i punti cardine del trattamento dei traumi siano compressione, crioterapia ed elevazione dell'arto infortunato, mentre l'immobilizzazione e scarico debbano essere riservate solo nelle prime ore dopo il trauma.^{11,12} L'ideale quindi sarebbe una breve immobilizzazione seguita da un carico progressivo in grado di favorire l'innesco e la corretta progressione del processo di guarigione. Gli stessi Autori pertanto propongono di sostituire l'acronimo P.R.I.C.E con il nuovo "P.O.L.I.C.E": Protection, Optimal Loading, Ice, Compression and Elevation.¹¹ Dopo le prime 24 ore è bene iniziare ad eseguire massaggi linfodrenanti completi e sostituire il bendaggio compressivo con una contenzione elastica, contribuendo in tal modo ad accelerare il riassorbimento degli edemi, degli ematomi e lo smaltimento dei cataboliti infiammatori. Sarebbe bene non protrarre l'immobilizzazione oltre i 3-5 giorni nelle lesioni più gravi; infatti ci sono ormai chiare evidenze che la cauta mobilizzazione, già nei primi giorni dopo un danno strutturale, provoca effetti positivi sul tessuto cicatriziale che si sta formando, sia dal punto di vista istologico che biomeccanico.⁵

1° obiettivo funzionale Viene continuato il massaggio linfodrenante e proseguita la contenzione elastica fino a che è ancora presente liquido interstiziale o raccolta liquida. Importante è eseguire correttamente gli esercizi per il recupero della estensibilità del muscolo infortunato. Esistono diverse modalità di esecuzione (passivo, assistito o attivo, statico o dinamico) e nessuna di questa può essere maggiormente raccomandata benché ci siano alcuni riscontri scientifici che documentano che le tecniche di allungamento attivo producono un maggior aumento (come durata nel tempo) nella flessibilità muscolare rispetto alle tecniche passive (Fig.7).



Fig.7. Stretching statico ischio crurali (a), flessibilità dinamica flessori d'anca (b), flessibilità dinamica estensori dell'anca (c).

Un miglior aumento del range articolare è stato verificato per gli allungamenti effettuati in schemi funzionali. Tutti gli esercizi di allungamento devono essere eseguiti in assenza di dolore. Nella decisione di quale modalità di esecuzione scegliere, bisogna sempre tenere presente che i muscoli hanno un'inserzione prossimale e una distale e che è molto importante, nel caso di muscoli bi-articolari, eseguire l'allungamento e le tecniche di auto-mobilizzazione su entrambe le zone inserzionali (alternativamente o congiuntamente) per promuovere il migliore recupero.^{13,14} Un cauto massaggio trasversale profondo viene iniziato già in questo periodo. Non vi sono però evidenze sulla reale efficacia di questa metodica applicata agli infortuni muscolari. Un lavoro aerobico viene iniziato il più presto possibile utilizzando almeno i muscoli sani che possono lavorare. In questo periodo vengono anche proposti esercizi per il recupero della forza. Il recupero della forza muscolare viene svolto utilizzando inizialmente gli esercizi isometrici, in posizione di articularità differenti.

L'allenamento con esercizi isotonicici viene introdotto successivamente. Il carico deve essere incrementato progressivamente e tutti gli esercizi devono essere eseguiti sotto la soglia del dolore⁵, sia attraverso l'ausilio di macchinari riabilitativi per la muscolazione (leg extention, leg press, leg curl, pulley, bilanciere libero, panca, etc.) sia attraverso esercitazioni a corpo libero coinvolgendo selettivamente il muscolo interessato oppure altri distretti. Tali esercizi vengono effettuati a carico naturale oppure con la resistenza di cavigliere, elastici, polsiere, palle mediche, manubri o tanti altri piccoli attrezzi per aumentare il carico. In questo periodo vengono proposti anche esercizi di "core stability", per il miglioramento del controllo posturale e neuromuscolare, prima semplici poi sempre più impegnativi e complessi fino ad abbinarli, nel periodo successivo, agli esercizi per il recupero della propriocettività. Ci sono evidenze che un programma di riabilitazione, che preveda una progressione degli esercizi di agilità e di stabilizzazione del tronco e del bacino, sia maggiormente efficace, nella prevenzione di recidive in atleti che hanno subito una lesione degli hamstring, rispetto ad un programma che enfatizzi esclusivamente l'allungamento e il rinforzo muscolare. Al termine delle sessioni di lavoro, soprattutto all'inizio di questo periodo, viene eseguito massaggio con ghiaccio per 15-20 minuti. Il semaforo rosso che non permette di passare al secondo obiettivo funzionale è costituito dalla presenza di dolore ad eseguire gli esercizi di forza previsti o a correre a bassa velocità sul tappeto rotante.

2° obiettivo funzionale Continuazione ed intensificazione del lavoro aerobico. Continuazione degli esercizi per il recupero della completa estensibilità del muscolo infortunato. Vengono introdotti esercizi per la propriocettività che consistono in esercitazioni di equilibrio su superfici stabili o instabili, di varie dimensioni e forma, con o senza destabilizzazioni ricorrenti (ad esempio tramite richiesta di compiti motori coordinativi sempre più complessi piuttosto che con perturbazioni manuali ad opera del fisioterapista o tramite altri strumenti riabilitativi) con o senza richiesta di compiti cognitivi aggiuntivi, con o senza il supporto del sistema visivo¹⁶. Viene incrementato inoltre il lavoro con esercizi per la core-stability che saranno abbinati, al termine del periodo, con quelli per la propriocettività. In questo periodo viene incrementato il lavoro con esercizi eccentrici. La contrazione eccentrica deve essere introdotta successivamente a quella concentrica. Anche questi esercizi devono essere proposti con carico progressivo, devono essere specifici per

il muscolo infortunato e tenere presente la sede della lesione soprattutto per un muscolo bi-articolare (prossimale, medio o distale). Il lavoro eccentrico è risultato più efficace nel determinare aumento di massa e di forza muscolare. Tale efficacia sembra essere correlata ai carichi più elevati sviluppati durante le contrazioni eccentriche¹⁷. Il lavoro sul campo che caratterizza questo periodo è quello anaerobico lattacido oltre a quello aerobico ad alta intensità. Il **semaforo rosso** che non permette di passare al terzo obiettivo funzionale è il test di estensibilità ancora positivo.

3° obiettivo funzionale Nel lavoro in palestra vengono eseguiti esercizi per consolidare le caratteristiche di estensibilità e di forza in particolare di quella eccentrica. Così come nei periodi precedenti, gli esercizi di forza ed estensibilità verranno selezionati ed eseguiti secondo caratteristiche specifiche in funzione dello sport praticato e del tipo di movimento che ha causato l'infortunio, questo per rendere il tessuto che sta riparando e rimodellando sempre più adatto ai movimenti sport-specifici che andrà ad eseguire e sempre meno vulnerabile verso quel movimento che lo ha leso. Anche nel lavoro in campo questi concetti vengono costantemente enfatizzati; infatti in questa fase, oltre al lavoro anaerobico lattacido vengono introdotti tutti i gesti sport-specifici e viene ricercata l'affidabilità gesto-specifica verso quel movimento che ha provocato la lesione. In questa fase, dal punto di vista del massaggio e delle terapie manuali, l'infortunato verrà trattato, per tutti i distretti muscolari, come un atleta già recuperato e attentamente monitorato dal fisioterapista per il muscolo infortunato. Il **semaforo rosso** che non permette il ritorno al lavoro con la squadra, o all'allenamento qualitativamente libero negli sport individuali, è la sensazione di muscolo "diverso" durante o dopo il lavoro sul campo (fig.8).

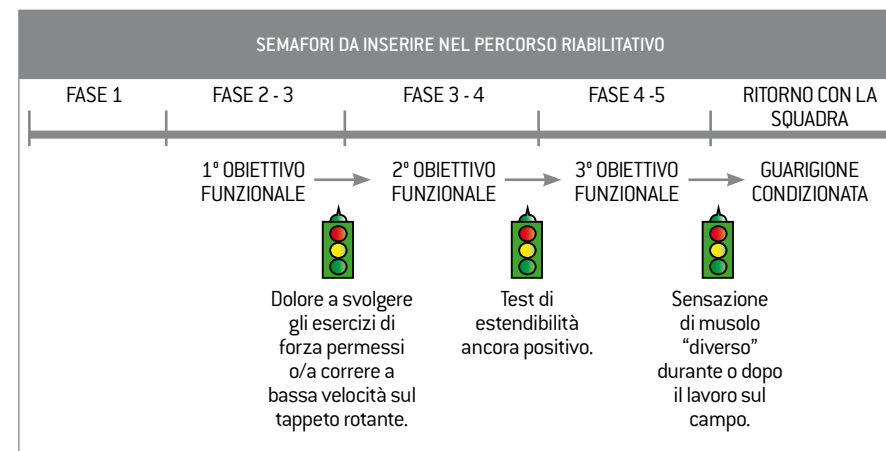


Fig.8. Problematiche che possono verificarsi durante il percorso riabilitativo e che devono essere considerate come semaforo rosso che non permette il passaggio da un periodo riabilitativo all'altro.

Ritorno con la squadra o ad allenamento qualitativamente libero

È importante considerare l'atleta guarito a patto che si tengano presenti 3 concetti precisi:

- Il tecnico applichi il principio della progressione per ciò che riguarda il concetto del recupero "dell'intensità di gara", caratteristica che difficilmente si riesce a riprodurre durante il lavoro di recupero sul campo.
- Non si interrompa lo scambio di informazioni tra tecnico, preparatore atletico, atleta e medico.
- Vengano ancora monitorate le caratteristiche del muscolo infortunato da parte del fisioterapista della squadra, al termine dell'allenamento e della partita. applicazione di terapie fisiche con finalità vascolarizzanti.

BIBLIOGRAFIA

1. Leeder J, Gissane C, van Someren K, et al. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 2012;46:233–40.
2. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, Davison GW. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2012 Feb 15;2
3. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):342-50
4. Tol JL, Hamilton B, Best TM. Palpating muscles, massaging the evidence? An editorial relating to 'Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement'. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):340-1.
5. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, et al. Muscle injuries. Biology and treatment. *Am J Sports Med* 2005; 33:745-64.
6. Khan KM, Scott A. Mechanotherapy: how physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *Br J Sports Med*. 2009 Apr;43(4):247-52
7. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Aärämaa V, Vaittinen S, Kalimo H et al. Muscle injuries: optimizing recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007;21:317-31
8. Valle X. Clinical practice guide for muscular injuries: epidemiology, diagnosis, treatment and prevention. *Br J Sports Med* 2011; 45:2.
9. Orchard JW, Best TM, Mueller-Wohlfahrt HW, Hunter G, Hamilton BH, Webborn N, et al. The early management of muscle strains in the elite athlete: best practice in a world with a limited evidence basis. *Br J Sports Med*. 2008;42:158-9.
10. Bleakley CM, Glasgow P, Webb MJ. Cooling an acute muscle injury: can basic scientific theory translate into the clinical setting? *Br J Sports Med*. 2012 Mar;46(4):296-8.
11. Bleakley CM, Glasgow P, MacAuley DC. PRICE needs updating, should we call the POLICE? *Br J Sports Med*. 2012 Mar;46(4):220-1.
12. Bizzini M. Ice and modern sports physiotherapy: still cool? *Br J Sports Med* 2012 46: 219
13. Decoster LC, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005 Jun;35(6):377-87.
14. Fasen JM A randomized controlled trial of hamstring stretching: comparison of four techniques. *J Strength Cond Res*. 2009 Mar;23(2):660-7.]
15. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 Mar;34(3):116-25.
16. Astrid Zech Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *J Athl Train*. 2010
17. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, Reid WD. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2009;43(8):556-68.

TERAPIE FISICHE E STRUMENTALI

TERAPIE FISICHE E STRUMENTALI

Le terapie fisiche e strumentali vengono comunemente utilizzate nel trattamento degli infortuni muscolari; nonostante ciò in letteratura le evidenze sulla loro efficacia sono ancora poche ed in alcuni casi controverse^{1,2,3}. Negli ultimi anni, tuttavia, le nuove tecnologie hanno proposto un vasto panorama di terapie fisiche di sicuro interesse, a patto che vengano praticate secondo precise indicazioni e nell'ambito di un protocollo riabilitativo integrato.

Il razionale dell'utilizzo delle terapie fisiche è quello di ottenere alcuni specifici effetti biologici nei tessuti^{4, 5, 6, 7, 8}:

- **Effetto Termico.** L'innalzamento (Ipertermia) o l'abbassamento (Crioterapia) della temperatura corporea sono in grado di produrre specifici effetti biologici,
- **Effetto Meccanico.** Le onde sonore e la laserterapia ad alta intensità inducono all'interno dei tessuti la formazione di onde pressorie ad effetto biostimolante, citolitico, attivante la peristalsi linfatica ed il microcircolo,
- **Effetto Elettrico.** Le correnti elettriche possono indurre nei tessuti muscolari analgesia, vasodilatazione e stimolazione.

Le terapie fisiche maggiormente utilizzate nel trattamento degli infortuni muscolari sono Termoterapia, Laserterapia, Ultrasuonoterapia, Elettroterapia e le Onde Radio.

TRAUMI DIRETTI ED INFORTUNI STRUTTURALI - Fase acuta

Nella fase acuta sono consigliate terapie strumentali a "freddo" in quanto il calore, se introdotto troppo precocemente, potrebbe aumentare il sanguinamento in sede di lesione, ostacolando il processo di guarigione e favorendo l'insorgenza di temibili complicanze come fibrosi e calcificazioni. Sono quindi consigliate la Laserterapia a bassa intensità (LLLT), l'Ultrasuonoterapia Pulsata (PW) e l'Elettroanalgesia.

Diversi studi in vitro ed in vivo sull'animale (ratti) evidenziano i numerosi effetti terapeutici della LLLT: antiinfiammatorio ed antiedema^{9, 10}, antiossidativo^{9, 10}, analgesico, preventivo sulla fibrosi cicatriziale¹¹ e stimolante a livello cellulare. In particolare risulta fondamentale l'attivazione della catena ossidativa che ha come protagonista il mitocondrio, molto rappresentato nelle fibre muscolari, con incremento della produzione di ATP¹². Inoltre è stato dimostrato che la laserterapia promuove la replicazione cellulare¹³, l'attivazione delle cellule muscolari satelliti¹⁴ e l'espressione di bFGF (Basic Fibroblast Growth Factor) ed IGF-1¹⁵ (Insulin-like Growth Factor), con incremento della produzione di collagene e neoangiogenesi.

Ferraresi C et al¹⁴ e Dos Santos DR et al¹⁶ sottolineano quanto questi effetti terapeutici siano efficaci sull'omeostasi muscolare, nello stimolare il processo riparativo e diminuire i tempi di recupero dopo infortunio muscolare strutturale, ma non c'è evidenza sull'uomo. Il recente lavoro di Nagata K et al¹⁷ segnala l'efficacia degli Ultrasuoni pulsati a bassa intensità o LIPUS sulla rigenerazione muscolare nei topi, attraverso la modulazione della risposta infiammatoria e la stimolazione della produzione di proteine muscolo-specifiche come la miogenina. Anche Chan YS et al¹⁸, nel loro studio in vitro ed in vivo sui topi, confermano la capacità dei LIPUS di promuovere la rigenerazione muscolare dopo lacerazione. Shu B et al²¹ evidenziano, invece, l'efficacia dei LIPUS nel trattamento dei traumi diretti nei ratti. Per quanto riguarda l'elettroanalgesia la TENS, analogamente ad altre tipologie di correnti, è in grado di attenuare il dolore infiammatorio a seguito di infortunio muscolare, ma non di migliorare l'articolari e la forza muscolare^{20,21}. Un interessante tipologia di elettroanalgesia è la neuro-stimolazione interattiva. Questa terapia deriva da una tecnologia sviluppata in Russia negli anni '70. Essa utilizza un segnale sinusoidale bifasico variabile in base ai valori di impedenza cutanea rilevati. Lo strumento è in grado di rilevare l'impedenza cutanea, elaborarla ed inviare un impulso di compensazione a livello segmentale e corticale, fino a che non viene ripristinata la normale impedenza cutanea. Questa elettroanalgesia è molto diffusa in ambito sportivo, ma non sono ancora disponibili rigorosi studi scientifici che ne comprovino l'efficacia²².

1° e 2° OBIETTIVO FUNZIONALE

In queste fasi devono essere introdotte le terapie strumentali generanti calore al fine di favorire l'iperemia e la biostimolazione profonda. Le più utilizzate ed efficaci sono la Termoterapia endogena, la Laserterapia ad alta intensità (HLLT) e l'Ultrasuonoterapia continua (CW).

Diatermia Capacitiva-Resistiva ed Ipertermia a 434 MHz fanno parte delle cosiddette Termoterapie Endogene⁵, che utilizzano onde radio con lunghezze d'onda superiori al millimetro e frequenze variabili (300 KHz-3 GHz).

I principali effetti terapeutici delle Termoterapie Endogene sono legati all'incremento calorico del tessuto bersaglio: analgesia, incremento del metabolismo, iperemia e rilassamento

muscolare. Infatti le rapide oscillazioni indotte negli ioni dalle onde elettromagnetiche inducono un trasferimento di energia cinetica nell'organismo che si trasforma in calore [per il cosiddetto effetto Joule]. L'ipertermia a 434 MHz è una metodica utilizzata in molte branche della Medicina (Oncologia, Ginecologia, Urologia, Medicina Sportiva...), al fine di generare un incremento di calore localizzato, costante nel tempo e privo di effetti collaterali²³. L'ipertermia è indicata nel trattamento degli infortuni muscolari, con lo scopo di stimolare i processi riparativi, indurre un iperemia attiva, ridurre il dolore e le contratture muscolari^{24,25}. La Diatermia Capacitiva-Resistiva^{5, 26} è una forma di termoterapia endogena che utilizza frequenze comprese tra 0,45 e 0,6 MHz, cioè nella banda Middle Frequency delle onde radio. Gli effetti biologici indotti dalla diatermia sono quelli tipici del calore. La Diatermia Capacitiva-Resistiva è molto diffusa in traumatologia sportiva²⁶ anche se non sono ancora disponibili studi qualitativi adatti ad una rigorosa valutazione. Interessanti lavori scientifici^{27, 28} segnalano la capacità dei Laser ad alta intensità di avere effetti molto simili a quelli prodotti dal carico fisiologico, grazie alle interazioni fototermiche e fotomeccaniche che la luce ha con i tessuti. In particolare si è evidenziato che il laser Nd:YAG pulsato è in grado di incrementare la produzione di matrice extracellulare (ECM) da parte di fibroblasti e condrociti, regolare la produzione di fibronectina, regolare l'organizzazione del citoscheletro, stimolare i processi di differenziazione cellulare e l'angiogenesi. Sono studi su animali ma non vi sono evidenze sull'uomo. Questi effetti, complessivamente, sono in grado di favorire i processi riparativi tissutali ed anche a livello del muscolo scheletrico²⁷.

3° OBIETTIVO FUNZIONALE E RITORNO CON LA SQUADRA

A partire da questa fase ed anche durante il pieno ritorno all'attività agonistica le terapie strumentali possono essere utilizzate per prevenire l'insorgenza di fatica muscolare e reinfortuni. In tal senso sono consigliate la Laserterapia a bassa intensità e la Termoterapia endogena prima dell'attività; la crioterapia mediante bagni freddi (Cold Water Immersion, CWI) o l'immersione in acqua calda e fredda alternate (Contrast Water Therapy, CWT) e l'elettroterapia decontratturante dopo l'attività agonistica. La LLLT si dimostra utile nella prevenzione e trattamento della fatica muscolare^{14,29}. Inoltre, Ferraresi C. et al³⁰, in un altro studio, sottolineano che esercizi di rinforzo associati a LLLT possono determinare una

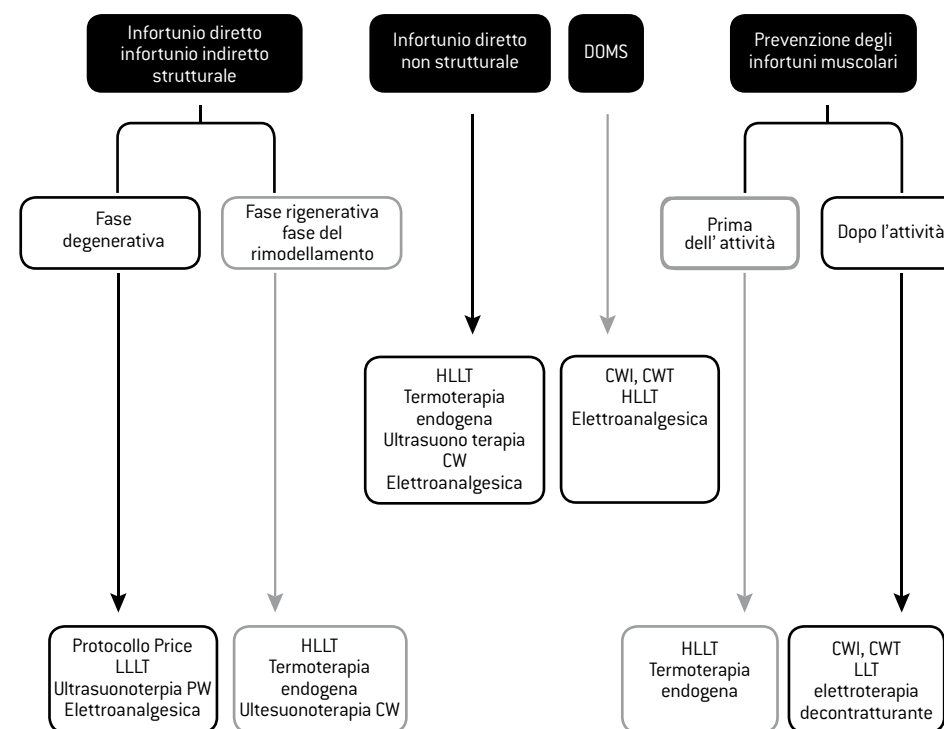
migliore performance muscolare rispetto ai soli esercizi di rinforzo. L'immersione in acqua fredda (CWI) è indicata per ridurre la fatica muscolare^{31, 32}, così come le immersioni in acqua calda e fredda alternate (Bieuzen F et al 33).

L'elettroterapia decontratturante o tonolisi è utilizzata in traumatologia sportiva per favorire la risoluzione delle ipertonie muscolari e nell'attenuazione dei sintomi della fatica muscolare⁵. L'iperemia indotta dalle correnti elettriche facilita infatti la rimozione dei cataboliti tossici ed il rilassamento muscolare. Si utilizzano preferibilmente correnti rettangolari monofasiche, asimmetriche a bassissima frequenza (1 Hz) e bassa intensità.

TERAPIE STRUMENTALI NELLE COMPLICANZE DEGLI INFORTUNI MUSCOLARI

Tra le possibili complicanze degli infortuni muscolari strutturali da trauma indiretto e da trauma diretto quelle più comunemente trattate con le terapie strumentali sono la fibrosi cicatriziale, la calcificazione e la ossificazione intramuscolare circoscritta dopo completa maturazione, se persiste il dolore. Si utilizzano in particolare le onde d'urto focalizzate, grazie ai loro effetti rimodellanti sulla cicatrice e stimolanti il riassorbimento della calcificazione^{34, 35}. Possono coadiuvare il trattamento la laserterapia ad alta potenza e l'ultrasuonoterapia a modalità continua (CW). Nessuna di queste metodiche ad oggi ha evidenze sull'uomo nella terapia di queste complicanze.

ALGORITMO DI TRATTAMENTO DEGLI INFORTUNI MUSCOLARI



Legenda: PRICE=Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation; LLLT=Low Level Laser Therapy; PW= Pulsed Wave; HLLT=High Level Laser Therapy; CW=Continuous Wave; CWI=Cold Water Therapy; CWT=Contrast Water therapy; EWST=Extra Wave Shock Therapy.

BIBLIOGRAFIA

1. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Äärimaa V, Vaittinen S, Kalimo H et al. Muscle injuries: optimizing recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007;21:317-31
2. Valle X. Clinical practice guide for muscular injuries: epidemiology, diagnosis, treatment and prevention. *Br J Sports Med* 2011; 45:2.
3. Orchard JW, Best TM, Mueller-Wohlfahrt HW, Hunter G, Hamilton BH, Webborn N, et al. The early management of muscle strains in the elite athlete: best practice in a world with a limited evidence basis. *Br J Sports Med*. 2008;42:158-9.
4. Valent A., Marazzi M.: Evidence based physical therapy protocols for the treatment of muscles injuries. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2012; 4 [Supplement]: 41-43
5. Zati A, Valent A. *Terapia Fisica: nuove tecnologie in Medicina Riabilitativa*. Edizioni Minerva Medica, 2006
6. Nakano J, Yamabayashi C, Scott A, Reid WD. The effect of heat applied with stretch to increase range of motion: a systematic review. *Phys Ther Sport*. 2012 Aug;13(3):180-8
7. Bleakley CM, Glasgow P, Webb MJ. Cooling an acute muscle injury: can basic scientific theory translate into the clinical setting? *Br J Sports Med*. 2012 Mar;46(4):296-8.
8. Bizzini M. Ice and modern sports physiotherapy: still cool? *Br J Sports Med* 2012 46: 219
9. Lim W, Lee S, Kim I, Chung M, Kim M, Lim H et al. The anti-inflammatory mechanism of 635 nm light-emitting-diode irradiation compared with existing COX inhibitors. *Lasers Surg Med*. 2007;39(7):614-21.
10. Liu XG, Zhou YJ, Liu TC, Yuan JQ. Effects of low-level laser irradiation on rat skeletal muscle injury after eccentric exercise. *Photomed Laser Surg*. 2009;27(6):863-9.
11. Assis L, Soares Moretti AI, Balsamo Abrahão T, Possolo de Souza H, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser therapy (808 nm) contributes to muscle regeneration and prevents fibrosis in rat tibialis anterior muscle after cryolesion. *Lasers Med Sci*, 2012
12. Oron U, Ilic S, De Taboada L, Streeter J. Ga-As (808 nm) laser irradiation enhances ATP production in human neuronal cells in culture. *Photomed Laser Surg*, 2007, 25(3):180-2.
13. Moore P, Ridgway TD, Higbee RG, Howard EW, Lucroy MD. Effect of wavelength on low-intensity laser irradiation-stimulated cell proliferation in vitro. *Laser Surg Med*, 2005, 36(1):8-12.
14. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA: Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair. *Photon Lasers Med* 2012; 1(4): 267–286
15. Saygun I, Karacay S, Serdar M, Ural AU, Sencimen M, Kurtis B. Effects of laser irradiation on the release of basic fibroblast growth factor (bFGF), insulin like growth factor-1 (IGF-1), and receptor of IGF-1 (IGFBP3) from gingival fibroblasts. *Lasers Med Sci*. 2008;23(2):211-5
16. Dos Santos DR, Liebano RE, Schiavinato Baldan C, Bordello Masson I, Paranhos Soares R, Esteves Junior I. The low-level laser therapy on muscle injury recovery: literature review. *J Health Sci Inst*. 2010;28(3):286-8
17. Nagata K, Nakamura T, Fujihara S, Tanaka E. Ultrasound modulates the inflammatory response and promotes muscle regeneration in injured muscles. *Ann Biomed Eng*. 2013 Jun;41(6):1095-105.
18. Chan YS, Hsu KY, Kuo CH, Lee SD, Chen SC, Chen WJ, Ueng SW. Using low-intensity pulsed ultrasound to improve muscle healing after laceration injury: an in vitro and in vivo study. *Ultrasound Med Biol*. 2010 May;36(5):743-51
19. Shu B, Yang Z, Li X, Zhang LQ. Effect of different intensity pulsed ultrasound on the restoration of rat skeletal muscle contusion. *Cell Biochem Biophys*. 2012 Mar;62(2):329-36
20. Denegar CR, Perrin DH. Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Cold, and a Combination Treatment on Pain, Decreased Range of Motion, and Strength Loss Associated with Delayed Onset Muscle Soreness. *J Athl Train*. 1992; 27(3): 200, 202, 204-206.
21. Ainsworth L, Budelier K, Clinesmith M, Fiedler A, Landstrom R, Leeper BJ, Moeller L, Mutch S, O'Dell K, Ross J, Radhakrishnan R, Sluka KA. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces chronic hyperalgesia induced by muscle inflammation. *Pain*. 2006 Jan;120(1-2):182-7. Epub 2005 Dec 19.
22. Biggs N, Walsh DM, Johnson MI. A comparison of the hypoalgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and non-invasive interactive neurostimulation [InterX(®)] on experimentally induced blunt pressure pain using healthy human volunteers. *Neuromodulation*. 2012 Mar-Apr;15(2):93-8
23. Ichinoseki-Sekine N, Naito H, Norio S, Yuji O et al. Changes in Muscle Temperature induced by 434 MHz Microwave Hyperthermia. *Br J Sport Med* 2007; 41: 425-9.
24. Giombini A, Giovannini V, Di Cesare A, Pacetti P, Ichinoseki-Sekine N, Shiraishi M, Naito H, Maffulli N. Hyperthermia induced by microwave diathermy in the management of muscle and tendon injuries. *Br. Med Bull*. 2007;83:379-96.
25. Suros Romagos J, Suros Frigola J, Parrilla Forcada I. Profound diathermy uhf in sport traumatological pathology. *Br J Sports Med* 2011;45:2
26. Ganzit GP, Stefanini L, Stesina G. Nuove metodiche nel trattamento della patologia muscolo articolare dell'atleta: la TECAR terapia. *Medicina dello Sport*, 2000 Dec; 53(4): 361-7.
27. Monici M, Cialdai F, Ranaldi F, Paoli P, Boscaro F, Moneti G, Caselli A. Effect of IR laser on myoblasts: a proteomic study. *Mol Biosyst*. 2013 May 7;9(6):1147-61.

BIBLIOGRAFIA

28. Cialdai F, Monici M. Relationship between cellular and systemic effects of pulsed Nd:YAG laser. *Energy for Health*, vol.5, 4-9, 2010
29. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, Tomazoni SS, Silva DP, Basso M, Filho PL, de Valls Corsetti F, Iversen VV, Bjordal JM. Effect of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010 Aug;40(8):524 – 32
30. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE, Matheucci Junior E, Parizotto NA. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci* 2011;26(3):349 – 58.
31. Leeder J, Gissane C, van Someren K, et al. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 2012;46:233–40.
32. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, Davison GW. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2012 Feb 15;2
33. Bieuzen F, Bleakley CM, Costello JT. Contrast Water Therapy and Exercise Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 8(4): April 2013, Vol. 8, Issue 4
34. Buselli P, Coco V, Notarnicola A, Messina S, Saggini R, Tafuri S, Moretti L, Moretti B. Shock waves in the treatment of post-traumatic myositis ossificans. *Ultrasound Med Biol*. 2010 Mar;36(3):397-409.
35. Torrance DA, deGraauw C. Treatment of post-traumatic myositis ossificans of the anterior thigh with extracorporeal shock wave therapy. *J Can Chiropr Assoc* 2011; 55(4)

LA TERAPIA FARMACOLOGICA E INFILTRATIVA

LA TERAPIA FARMACOLOGICA E INFILTRATIVA

La terapia farmacologica si pone l'obiettivo di ridurre la sintomatologia dolorosa e ove possibile facilitare un recupero funzionale più rapido del muscolo infortunato. Non vi è un consenso univoco nella letteratura internazionale sulle possibilità terapeutiche nelle varie fasi delle lesioni muscolari, sebbene i farmaci antiinfiammatori e i miorilassanti siano le classi di farmaci maggiormente scelte. Bisogna ricordare però che l'uso di queste sostanze presenta notevoli controindicazioni e deve essere il più possibile limitato e monitorato da parte del medico curante.

EVIDENZE

ANALGESICI

Contrastare il dolore rappresenta il caposaldo della terapia farmacologica nelle lesioni muscolari, e i più comuni analgesici forniscono questo risultato a basso costo, con scarsi effetti collaterali e limitata interazione con altri farmaci come i diuretici e gli antipertensivi. L'azione del paracetamolo non è stata ancora perfettamente chiarita, ma è noto che inibisce la sintesi di prostaglandine nel Sistema Nervoso Centrale mentre la medesima azione non avviene nei tessuti periferici. Recentemente uno studio ha identificato la proteina chiamata TRPA1 che si trova sulla superficie delle cellule nervose, molecola necessaria perché il paracetamolo sia un antidolorifico efficace¹. Nonostante altri gruppi di farmaci, in particolare gli antinfiammatori non steroidei (FANS), siano più frequentemente utilizzati, l'uso di analgesici comuni ha dato risultati sovrapponibili in termini di miglioramento della sintomatologia e di tempi di recupero. Combinando la somministrazione di analgesici con un programma di allenamento si è dimostrato inoltre un aumento di volume e di forza muscolare. L'uso di analgesici è raccomandabile per dolori di lieve e moderata intensità².

Controindicazioni: il sovradosaggio di paracetamolo può avere (in rari casi) effetti gravissimi sul fegato e in parte sul midollo spinale.

EVIDENZA LIMITATA

ANTIINFIAMMATORI

Gli antiinfiammatori agiscono riducendo la sintesi delle prostaglandine, importanti mediatori dell'infiammazione. I più comunemente prescritti sono gli antiinfiammatori non steroidei (FANS), al fine di ridurre sia il dolore che la risposta infiammatoria del tessuto.

I FANS sono spesso utilizzati per il trattamento di lesioni muscolari negli atleti. Non è stato confermato se siano prevalenti gli effetti anti-infiammatori o se la loro efficacia sia il risultato del loro effetto analgesico centrale. Nei traumi muscolari di grado meno severo, un uso a breve termine di FANS ha comportato un miglioramento transitorio nel recupero dal danno indotto dall'esercizio³ e ha dimostrato di portare ad una diminuita reazione infiammatoria cellulare senza effetti negativi sul processo di guarigione.

Controindicazioni: tutti i FANS possono presentare alcuni effetti collaterali, tra cui la gastro-lesività e l'interazione con i farmaci antiipertensivi. E' preferibile l'uso di questi farmaci in forma topica (gel, crema, o cerotti) sull'area lesionata.

Nel caso di traumi muscolari gli effetti dei FANS possono essere controproducenti, favorendo il perpetuarsi del sanguinamento e di conseguenza l'estensione della lesione⁴; i FANS possono causare in misura variabile anche ritenzione idrica e inducono in parte la stasi linfatica, comportando un aumento della tumefazione e un rallentato smaltimento dei prodotti catabolici.

Inoltre l'azione analgesica dei FANS priva il muscolo di quel fondamentale meccanismo di difesa rappresentato dal dolore, che impedisce o quanto meno limita la possibilità che il muscolo venga ulteriormente utilizzato e allungato e che quindi la lesione possa aggravarsi.

Alcuni autori raccomandano che l'uso di FANS debba essere limitato per le primissime fasi di riparazione poiché il loro uso a lungo termine potrebbe avere effetti indesiderati sulla rigenerazione del muscolo scheletrico⁵.

MIORILASSANTI

Sebbene storicamente i FANS siano stati i farmaci di prima scelta, recentemente in campo sportivo si sta assistendo a un cambio di tendenza a favore dei miorilassanti, dovuto al fatto che molti dei farmaci antiinfiammatori compaiono tra le sostanze che vengono rilevate ai controlli anti-doping⁶. L'uso di tali sostanze è topico.

Oltre all'effetto rilassante sulla muscolatura scheletrica, i miorilassanti contrastano la compressione dei vasi sanguigni sul muscolo contratto, determinando un più rapido smaltimento dei prodotti catabolici del muscolo, con attenuazione del dolore e maggiore efficienza dei processi riparativi.

Nelle patologie muscolari da traumi sportivi, la diminuzione della contrazione muscolare ad opera dei farmaci miorilassanti permette anche una riduzione dei tempi di riparazione dei tessuti muscolari lesionati.

Controindicazioni: i miorilassanti presentano degli effetti collaterali, quali la sedazione, l'ipotonia, l'eventuale comparsa di vertigini e di sintomi gastrointestinali per cui generalmente il loro utilizzo è limitato ad un breve periodo. E' stato inoltre chiarito che alcuni di essi inibiscono le vie deputate alla percezione dello stimolo doloroso; ancor più dei farmaci anti-infiammatori, essi causano la perdita dei preziosi meccanismi riflessi, intrinseci del muscolo, posti a difesa dagli eccessivi allungamenti: di conseguenza i miorilassanti diventano un ostacolo alla riabilitazione propriocettiva e di forza del muscolo e aumentano il rischio di re-infortunio⁷.

CHELANTI DEL CALCIO

La terapia di chelazione consiste nell'iniettare soluzioni contenenti sostanze chimiche che si legano ad alcuni minerali tra cui, appunto, il Calcio. Il più noto tra gli agenti chelanti è l'EDTA che instaura un legame con il Calcio presente nel sangue e lo rimuove dal sistema cardiocircolatorio. Il trattamento con EDTA pare in grado di limitare al massimo le alterazioni istopatologiche alla base della lesione muscolare, tuttavia non è in grado di contrastare il deficit di forza isometrica che la lesione stessa provoca⁸.

ACTOVEGIN

Si tratta di un farmaco utilizzato dagli Anni Sessanta in diverse parti del mondo, ma che attualmente in Italia non si può somministrare per via intramuscolare. Una recente revisione sistematica sul trattamento delle lesioni degli ischiocrurali ha confermato un'evidenza limitata per le iniezioni intramuscolari di actovegin⁹.

NUOVE PROSPETTIVE

PRP

Il PRP è un concentrato autologo di piastrine umane in un piccolo volume di plasma, contenenti fattori biologicamente attivi responsabili di processi quali l'emostasi, la sintesi di nuovo tessuto connettivo, e la rivascularizzazione. Il razionale per la terapia con PRP sta nell'aumento della quantità piastrinica al 94% per stimolare il rilascio di fattori di crescita, migliorare il processo di guarigione delle lesioni croniche, accelerare la riparazione di lesioni acute. Anche se diversi fattori di crescita presenti in larga misura nel PRP sono stati ampiamente studiati nell'ambito della rigenerazione dei tessuti, i fattori chiave sono ancora sconosciuti¹⁰. Le iniezioni di PRP sono state utilizzate nel trattamento di lesioni di diversi tipi di tessuto (tendini, cartilagini, sinovie) ma i risultati più incoraggianti appaiono proprio sul muscolo, non solamente in termini di tempo di guarigione delle lesioni ma anche in termini di qualità del tessuto rigenerato¹¹.

Data la conoscenza ancora non chiara del meccanismo di azione del PRP, secondo molti Autori l'utilizzo di questa metodica per produrre un miglioramento e un accelerato recupero funzionale deve essere valutato con cautela¹⁰.

Alcune sperimentazioni molto recenti hanno documentato risultati più favorevoli in caso di una combinazione di PRP con il Losartan, un antipertensivo che rallenta i processi di fibrosi nei traumi contusivi e favorisce la guarigione muscolare stimolando la rigenerazione muscolare e l'angiogenesi, impedendo fibrosi nella contusione. L'uso del losartan sembra essere particolarmente efficace nel trattamento non immediato, bensì a distanza di 3-7 giorni dall'evento acuto^{12,13}.

Per quanto riguarda la normativa antidoping citiamo il sito della WADA: "Le preparazioni piastrino-derivate (PRP) sono state in precedenza eliminate dalla Lista, in considerazione dell'assenza di qualsiasi attuale evidenza concernente l'uso di questi metodi a scopo di incremento della prestazione sportiva, nonostante tali preparazioni contengano fattori di crescita. Gli attuali studi sull'uso di PRP, nonostante la presenza di alcuni fattori di crescita, non dimostrano alcun potenziale incremento della prestazione atletica, oltre al potenziale effetto terapeutico. Si tenga in considerazione che sono ancora proibiti i singoli fattori di crescita quando somministrati separatamente come sostanze purificate. L'uso endovenoso di PRP non è consentito".

BIBLIOGRAFIA

1. Andersson DA, Gentry C, Alenmyr L, Killander D, Lewis SE, Andersson A, Bucher B, Galzi JL, Sterner O, Bevan S, Högestätt ED, Zygmunt PM. TRPA1 mediates spinal antinociception induced by acetaminophen and the cannabinoid 9-tetrahydrocannabinol. *Nat Commun.* 2011; 22;2:551.
2. Oliva F, Gallelli L. Ibuprofen pharmacology and its implications for musculoskeletal disorders. *Functional Neurology; New Trends in Interventional Neurosciences*, 2010; 5 (3 Supp.). 1-19.
3. Rahusen FT, Weinhold PS, Almekinders LC. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs and acetaminophen in the treatment of an acute muscle injury. *Am J Sports Med.* 2004; 32(8):1856-9.
4. Trappe TA, Carroll CC, Dickinson JM, LeMoine JK, Haus JM, Sullivan BE, Lee JD, Jemiolo B, Weinheimer EM, Hollon CJ. Influence of acetaminophen and ibuprofen on skeletal muscle adaptations to resistance exercise in older adults. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2011;300(3):R655-6.
5. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Aärimaa V, Vaittinen S, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: optimising recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2007;1:317-3.
6. Bevonì et al. Uso dei miorilassanti nei traumi tendinei e muscolari dello sportivo. *GIOT* 2011; 37;57-61.
7. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):745-64.
8. Willems ME, Stauber WT. Streptomycin and EDTA decrease the number of desmin-negative fibers following stretch injury. *MuscleNerve.* 2005;3(3):310-5.
9. Reurink G, Goudswaard GJ, Tol JL, Verhaar JA, Weir A, Moen MH. Therapeutic interventions for acute hamstring injuries: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2012; 46(2):103-9.
10. Maffulli N, Del Buono A. Platelet plasma rich products in musculoskeletal medicine: any evidence? *Surgeon* 2012;10(3):148-50.

11. Bubnov R, Yevseenko V, Semeniv I. Ultrasound guided injections of platelets rich plasma for muscle injury in professional athletes. Comparative study. *Med Ultrason.* 2013; 15(2):101-5.
12. Terada S, Ota S, Kobayashi M, Kobayashi T, Mifune Y, Takayama K, Witt M, Vadalà G, Oyster N, Otsuka T, Fu FH, Huard J. Use of an antifibrotic agent improves the effect of platelet-rich plasma on muscle healing after injury. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(11): 980-8.
13. Kobayashi T, Uehara K, Ota S, Tobita K, Ambrosio F, Cummins JH, Terada S, Fu FH, Huard J. The timing of administration of a clinically relevant dose of losartan influences the healing process after contusion induced muscle injury. *J Appl Physiol* (1985). 2013 Jan 15;114(2):262-73.

TERAPIA CHIRURGICA

TERAPIA CHIRURGICA

La gran parte delle lesioni muscolari hanno una indicazione incruenta con buoni risultati e con un'elevata percentuale di ritorno ai livelli pre-infortunio, ma alcune condizioni patologiche o traumatiche che colpiscono il muscolo necessitano assolutamente di una risoluzione chirurgica.

Lesioni complete del muscolo

In letteratura ancora oggi non è stato chiarito quale sia la migliore tecnica chirurgica per riparare una lesione muscolare. Infatti, mentre le rotture che coinvolgono il tendine dopo opportuna sutura, garantiscono una alta percentuale di successo, grazie alla sostanza tendinea più compatta, le rotture che coinvolgono il ventre muscolare o la giunzione miotendinea presentano maggiori difficoltà tecniche a causa dell'elevata incidenza di fallimento meccanico della sutura stessa.

Lesioni complete del ventre muscolare

Le indicazioni per il trattamento chirurgico delle lesioni muscolari sono le sezioni complete o parziali del ventre muscolare (fig. 1) e la persistenza di dolore e deficit di forza dopo il trattamento conservativo¹. La riparazione del ventre muscolare è un atto chirurgico tecnicamente molto impegnativo e la percentuale di fallimento è elevata. Diverse tecniche di sutura sono state descritte in letteratura, ma il migliore metodo ancora non è stato chiarito e teoricamente dovrebbe essere quello che permette una precoce riabilitazione minimizzando i rischi di pullout delle suture.

Le tecniche di sutura muscolare possono essere schematicamente divise in semplici e complesse. Al primo gruppo appartengono la tecnica di Kessler, i punti a 8 e orizzontali alla materassaia, mentre le tecniche di Kessler modificata, Masson-Allen, la sutura del perimisio o dell'epimisio e le tecniche combinate appartengono al secondo gruppo (Fig.2 e 3). Le suture complesse hanno una maggiore resistenza alla trazione rispetto alle suture semplici ed un minore rischio di pullout². Uno studio di laboratorio ha riportato migliori risultati quando nella sutura viene compreso anche l'epimisio³.

Data la limitata capacità di guarigione delle fibre muscolari, alcuni autori hanno proposto l'utilizzo di materiali aggiunti. In un case report è stato utilizzato un legamento sintetico, detto LARS (Ligament Augmentation and Reconstruction System), per riparare una lesione

inveterata del muscolo retto femorale¹. Nonostante gli autori declamino un ottimo risultato, scientificamente le Linee Guida non possono consigliare questa alternativa chirurgica allo stato attuale della conoscenza.

Lesioni della giunzione miotendinea

Le lesioni della giunzione miotendinea sono meno frequenti rispetto alle lesioni tendinee, e per questo anche meno studiate. Una recente review ha riportato che le lesioni della giunzione miotendinea del tendine d'Achille rappresentano circa il 10-15% delle rotture del tendine⁴. I muscoli maggiormente coinvolti sono il bicipite femorale, successivamente il semitendinoso ed il semimembranoso. Rotture isolate a livello del muscolo gracile sono state descritte in 7 pazienti sportivi di alto livello⁵, e pochi casi del muscolo lunghissimo del dorso⁶. Purtroppo la letteratura riguardo al loro trattamento è scarsa, in particolare la soluzione chirurgica. Nei pochi lavori pubblicati sull'argomento il trattamento è stato conservativo con buoni risultati ed un buon recupero funzionale⁵. Ulteriori studi sono necessari per individuare il miglior trattamento delle lesioni della giunzione miotendinea.

Lesioni prossimali dei muscoli ischiocrurali

Le lesioni dei muscoli ischiocrurali (hamstrings) sono quelle più frequenti, in particolare negli atleti. Queste sono spesso dovute da una contrazione eccentrica con l'anca in flessione ed il ginocchio in estensione. I pazienti spesso riferiscono un dolore acuto nella parte prossimale della regione posteriore della coscia e una sensazione di strappamento o stiramento. Le lesioni degli ischiocrurali avvengono più frequentemente a livello della giunzione miotendinea, mentre quelle a livello della loro inserzione prossimale sono più rare e si riscontrano circa nel 12% dei casi⁷. La maggior parte di questi infortuni possono essere trattati incruentamente con risultati eccellenti, tuttavia esiste un elevato rischio di recidiva soprattutto se trattati in maniera non adeguata. Età, riduzione dell'elasticità del muscolo e precedenti infortuni sono fattori prognostici negativi di recidiva⁸. Una recente revisione sistematica della letteratura ha dimostrato che la riparazione chirurgica di una rottura/avulsione della porzione prossimale dei muscoli ischiocrurali ha risultati migliori rispetto al trattamento incruento, con una percentuale dell'82% di ritorno ai livelli pre-infortunio rispetto al 14% con trattamento non-chirurgico⁹. Inoltre la stessa review ha messo in evidenza

come l'intervento chirurgico eseguito entro le 4 settimane dal trauma abbia risultati migliori rispetto ad una riparazione oltre le 4 settimane. Le indicazioni per il trattamento cruento sono la rottura di tutti i tendini dei muscoli ischiocrurali con o senza retrazione dei monconi, il distacco dell'inserzione con la presenza di una bratta ossea e una retrazione maggiore di 2 cm, e la persistenza del dolore dopo il trattamento conservativo.

Diverse tecniche chirurgiche sono state descritte per la riparazione degli hamstrings. Carmicheal et al¹⁰ hanno descritto una tecnica a cielo aperto che prevede un'incisione longitudinale a livello della loro inserzione, l'identificazione del nervo sciatico e dei tendini lesionati, e la reinserzione dei tendini lesionati sulla tuberosità ischiatica mediante ancore. Più recentemente Domb e colleghi¹¹ hanno proposto una tecnica endoscopica. Gli autori affermano che questa è una tecnica efficace, soprattutto nei casi acuti, migliora la visualizzazione dell'anatomia e riduce il dolore e le complicanze perioperatorie. Tuttavia presenta anche alcune difficoltà come il rischio di complicanze neuro-vascolari, un tempo operatorio aumentato e una lunga curva di apprendimento. Nel caso di avulsioni con un grosso frammento osseo può essere indicato l'intervento di riduzione e sintesi con viti.

Sindrome compartimentale

La sindrome compartimentale è una condizione patologica causata dall'aumento di pressione all'interno di un compartimento muscolare. L'aumento pressorio può determinare una diminuzione del flusso sanguigno portando alla diminuzione di ossigeno tissutale. Questa condizione si verifica più frequentemente a livello della gamba, ma può avvenire anche a livello dell'avambraccio, della mano, del piede e dei glutei. La sindrome compartimentale può essere acuta o cronica.

Sindrome compartimentale acuta

La sindrome compartimentale acuta è una grave complicanza di traumi severi¹², come fratture o traumi da schiacciamento, anche se in alcuni casi si può verificare anche in seguito a traumi meno gravi o può essere iatrogena¹³. Questa è un'emergenza chirurgica e se la pressione intra-compartimentale non viene diminuita urgentemente può causare la necrosi dei tessuti e determinare un danno muscolare e nervoso permanente. Clinicamente il paziente presenta il cosiddetto segno delle "5 P", Pain, Paresthesia, Pallor,

Paralysis e high intra-compartment Pressure. Segni precoci sono una sensazione di torpore, formicolio e parestesie¹⁴. Il dolore è severo, sproporzionato rispetto al tipo di trauma o intervento chirurgico, non risponde alla somministrazione di antidolorifici, compresa la morfina. Una aumentata richiesta di antidolorifici da parte del paziente dovrebbe essere un campanello d'allarme. Inoltre il dolore è esacerbato dalla mobilizzazione passiva dei muscoli compresi all'interno del compartimento, in genere delle dita dei piedi o delle mani. La diagnosi definitiva è clinica, nonostante ciò si può procedere alla misurazione della pressione intra-compartmentale che, se supera di 30 mmHg la pressione diastolica, è significativa¹⁵. L'assenza dei polsi periferici invece non è un criterio diagnostico dato che nella maggior parte dei casi i polsi sono presenti. Un argomento di recente discussione in letteratura è se l'anestesia loco-regionale e i blocchi periferici possano mascherare i sintomi e ritardare la diagnosi. Studi recenti hanno dimostrato che il dolore legato alla sindrome compartimentale non viene influenzato dall'anestesia loco-regionale e che non vi è nessuna prova dell'associazione tra il blocco nervoso periferico e un ritardo o una omessa diagnosi di sindrome compartimentale^{16,17}.

La sindrome compartimentale è una complicanza grave e la fasciotomia per diminuire la pressione deve essere eseguita entro 6 ore dalla comparsa dei sintomi. E' importante che tutti i compartimenti del distretto anatomico coinvolto vengano aperti. L'intervento viene solitamente eseguito in sala operatoria in anestesia generale o sedazione superficiale, anche se recentemente alcuni autori hanno proposto una fasciotomia al letto del paziente in sedazione superficiale ed anestesia locale per alcuni casi selezionati¹².

Sindrome compartimentale cronica o da sforzo

La sindrome compartimentale cronica, conosciuta anche come sindrome compartimentale da sforzo, è una patologia legata all'attività fisica e colpisce tipicamente persone giovani e sportive. E' causata da un aumento di volume della massa muscolare all'interno di 1 compartimento, e tipicamente colpisce la gamba ed il braccio. E' stata però anche riportata nella coscia, nella muscolatura del dorso, nell'avambraccio e nella mano¹⁸. I pazienti tipicamente riferiscono dolore ricorrente e legato all'attività fisica, che migliora con il riposo. L'incidenza di questa patologia non è chiara. Uno studio ha riportato un'incidenza della sindrome compartimentale cronica nel 27% dei pazienti con dolore cronico anteriore di

gamba indotto dall'esercizio¹⁹. In questi casi è importante un'accurata diagnosi differenziale che si pone con la medial tibial stress syndrome (MTSS), fratture da stress della tibia o del perone, compressioni nervose, claudicatio di origine vascolare e dolore riferito da ernia discale. La misurazione della pressione intra-compartmentale prima e dopo l'esercizio fisico può confermare il sospetto diagnostico. Recentemente alcuni lavori hanno posto l'evidenza sull'utilità della risonanza magnetica (RM) nella diagnosi²⁰.

Il trattamento può essere conservativo o chirurgico. Il trattamento conservativo prevede esercizi di stretching e la modificazione dei programmi di allenamento o dell'attività sportiva. Spesso vengono prescritte anche ortesi e farmaci anti-infiammatori. Tuttavia il trattamento conservativo non ha dimostrato avere buoni risultati nella maggior parte dei casi, e quando questo fallisce è indicato il trattamento chirurgico di fasciotomia. Diverse tecniche a cielo aperto e mini-invasive sono state descritte in letteratura. Due e Nordstrand hanno descritto per primi nel 1987 una fasciotomia mini-invasiva percutanea²¹. Recentemente sono state proposte anche tecniche endoscopiche. Rispetto alle tecniche chirurgiche a cielo aperto o mini-invasive, quelle endoscopiche hanno il vantaggio di visualizzare meglio la fascia e diminuire il rischio di release insufficienti, di danni dei tessuti molli, di complicanze neuro-vascolari e della ferita chirurgica^{22,23}. Tuttavia i risultati del trattamento chirurgico della sindrome compartimentale cronica non sono ancora chiari perché, mentre alcuni autori riportano buoni risultati dopo la fasciotomia ed un ritorno alla piena attività in un'elevata percentuale dei casi^{22,24}, studi più recenti hanno riportato una recidiva dei sintomi in più del 40% dei casi e circa il 27% dei pazienti non è tornato al livello sportivo pre-infotunio²⁵. Questi autori hanno notato che la presenza di limitazioni funzionali e la persistenza dei sintomi nel preoperatorio sono fattori prognostici negativi.

Calcificazioni eterotopiche del muscolo

La miosite ossificante è una calcificazione eterotopica formata da tessuto osseo e cartilagineo all'interno del muscolo. All'interno di questa patologia distinguiamo due diverse forme, la "miosite ossificante" propriamente detta, che è la forma più comune ed è spesso la complicanza di una lesione muscolare, e la "miosite ossificante progressiva", che invece è una patologia genetica trasmessa con carattere autosomico dominante, caratterizzata da ossificazioni multiple che compaiono senza un trauma evidente.

La miosite ossificante propriamente detta è una complicanza delle lesioni muscolari di alto grado che origina dall'ematoma intramuscolare (Fig.4). Tuttavia il preciso meccanismo patogenetico non è ancora chiaro. Illes et al hanno ipotizzato che le cellule mesenchimali residenti, in condizioni di ipossia a causa del trauma e dell'ematoma si differenzino in osteoblasti e condrociti, dando origine alla formazione di tessuto osteo-cartilagineo eterotopico. Questa condizione si verifica più frequentemente nei pazienti giovani, sportivi e di sesso maschile, e comunemente colpisce il muscolo quadricipite e la muscolatura degli arti superiori, in particolare il muscolo brachiale²⁷. L'incidenza non è molto chiara. Alcuni autori hanno riportato un'incidenza del 9% nei traumi contusivi della coscia²⁸, mentre Ouellette più recentemente un'incidenza dello 0.5%²⁹.

La diagnosi di miosite ossificante dovrebbe essere presa in considerazione se il dolore ed il gonfiore persistono dopo 10-15 giorni di trattamento conservativo, oppure se i sintomi peggiorano dopo 2-3 settimane dal trauma³⁰. I pazienti spesso riferiscono una sensazione di gonfiore e rigidità a livello della lesione. Clinicamente si evidenzia una riduzione del ROM. Le prime lesioni compaiono alle radiografie standard dopo 2-3 settimane dell'infortunio e diventano evidenti dopo circa 2 mesi. La RM è utile per la diagnosi nelle prime fasi della patologia.

Il primo trattamento della miosite ossificante è quello non chirurgico. Diversi studi hanno dimostrato che la maggior parte dei pazienti trattati in modo conservativo torna al livello sportivo pre-infortunio, anche se il processo riabilitativo è significativamente più lungo rispetto a quello di una sola lesione muscolare^{31,32}. L'intervento chirurgico è indicato nei pazienti che lamentano dolore e presentano una diminuzione del ROM e della funzionalità. L'exeresi chirurgica della calcificazione deve avvenire dopo che questa abbia terminato la sua maturazione, che in genere varia dai 12 ai 24 mesi dal trauma. L'intervento viene eseguito più comunemente a cielo aperto. Alcuni autori hanno descritto l'exeresi artroscopica delle calcificazioni all'inserzione del retto femorale³³.

Una rara forma di calcificazione eterotopica del muscolo è la mionecrosi calcifica. Questa è una complicanza tardiva della sindrome compartimentale³⁴. È caratterizzata da una necrosi centrale delle fibre muscolari con la formazione di calcificazioni periferiche che coinvolgono tutto il compartimento. Anche se questa è una condizione rara, è importante tenerla in mente nella diagnosi differenziale delle neoformazioni occupanti spazio del muscolo.



Fig. 1: Lesione da taglio del vasto mediale

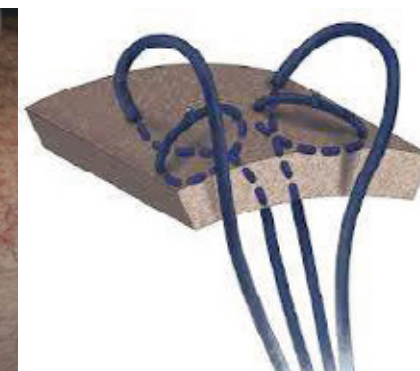


Fig. 3: Punti di sutura tipo Masson-Allen.

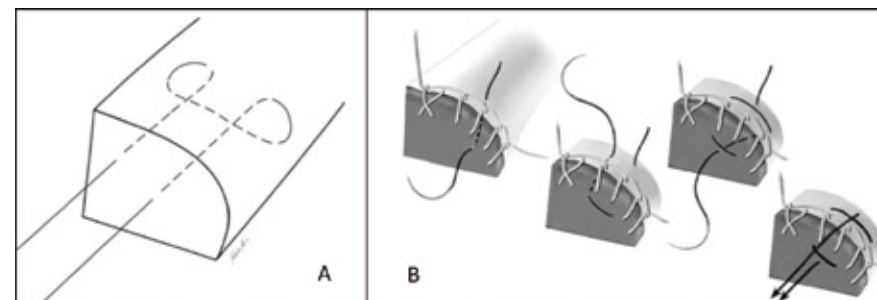


Fig. 2: Tecniche di sutura muscolare. A: punti tipo Kessler. B: punti combinati.



Fig. 4: Svuotamento di un ematoma per una lesione del muscolo adduttore breve.

BIBLIOGRAFIA

1. Taylor C, Yarlalagadda R, Keenan J. Repair of rectus femoris rupture with LARS ligament. *BMJ Case Reports*. 2012.
2. Chance JR, Kragh JF Jr, Agrawal CM, Basamania CJ. Pullout forces of sutures in muscle lacerations. *Orthopedics*. 2005;28:1187-1190.
3. Kragh JF Jr, Svoboda SJ, Wenke JC, Ward JA, Walters TJ. Epimysium and perimysium in suturing in skeletal muscle lacerations. *J Trauma*. 2005;59:209-212.
4. Ahmad J, Repka M, Raikin SN. Treatment of myotendinous Achilles ruptures. *Foot Ank Int*. 2013;34:1074-1078.
5. Pedret C, Baliu R, Barcelò M, Lluís A, Valle X, Gougoulas N, Malliaropoulos N, Maffulli . Isolated tears of the gracilis muscle. *Am J Sports Med*. 2011;39:1077-1080.
6. Pedret C, Baliu R, Idoate F. Sonography and MRI of latissimus dorsi strain injury in four elite athletes. *Skeletal Radiol*. 2011;40:603-608.
7. Koulouris G, Connell D. Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal Radiol* 2003;32:582-589.
8. Orchard J, Best T. The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clin J Sports d*. 2002;12:3-5.
9. Harris JD, Riesser MJ, Best M, Ellis TJ. Treatment of proximal hamstring ruptures- A sistmatic review. *Int J Sports Med*. 2011;32:490-495.
10. Carmichael J, Packham I, Trikha SP, Wood DG. Avulsion of the proximal hamstring origin. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91:249-256.
11. Domb BG, Linder D, Sharp KG, Sadik A, Gerhardt MB. Endoscopic repair of proximal hamstring avulsion. *Arthrosc Tech*. 2013;2:35-39.
12. Ebraheim NA, Abdelgawad AA, Ebraheim MA, Alla SR. Bedside fasciotomy under local anesthesia for acute compartment syndrome: a feasible and reliable procedure in selected cases. *J Orthop Traumatol*. 2012;13:153-157.
13. Kumar V, Saeed K, Panagopoulos A, Parker PJ. Gluteal compartment syndrome following joint arthroplasty under epidural anaesthesia: a report of 4 cases. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2007;15:113-117.
14. Konstantakos EK, Dalstrom DJ, Nelles ME, Laughlin RT, Prayson MJ. Diagnosis and management of extremity compartment syndromes: an orthopaedic perspective. *Am Surg*. 2007;73:1199–1209.
15. McQueen MM, Court-Brown CM. Compartment monitoring in tibial fractures-the pressure threshold for decompression. *J Bone Jt Surg Br*. 1996;78:99–104.

16. Walker BJ, Noonan KJ, Bosenberg AT. Evolving compartment syndrome not masked by a continuous peripheral nerve block: evidence-based case management. *Reg Anesth Pain Med*. 2012;37:393-397.
17. Kucera TJ, Boezaart AP. Regional Anesthesia Does Not Consistently Block Ischemic Pain: Two Further Cases and a Review of the Literature. *Pain Med*. 2013.
18. Raphael BS, Paletta GA Jr, Shin SS. Chronic exertional compartment syndrome of the forearm in a major league baseball pitcher. *Am J Sports Med*. 2011;39:2242-2244.
19. Styf J. Diagnosis of exercise-induced pain in the anterior aspect of the lower leg. *Am J Sports Med*. 1988;16:165-169.
20. Verleisdonk EJ, van Gils A, van der Werken C. The diagnostic value of MRI scans for the diagnosis of chronic Exertional compartment syndrome of the lower leg. *Skeletal Radiol* 2001;30:321-325.
21. Due J Jr, Nordstrand K. A simple technique for subcutaneous fasciotomy. *Acta Chir Scand*. 1987;153:521-522.
22. Wittstein J, Moorman CT III, Levin LS. Endoscopic compartment release for chronic exertional compartment syndrome: Surgical technique and results. *Am J Sports Med*. 2010;38:1661-1666.
23. Knight JR, Daniels M, Robertson W. Endoscopic compartment release for chronic exertional compartment syndrome. *Arthrosc Tech*. 2013;2:187-190.
24. Bong MR, Polatsch DB, Jazrawi LM, Rokito AS. Chronic exertional compartment syndrome: diagnosis and management. *Bull Hosp Jt Dis*. 2005;62:77-84.
25. Waterman BR, Laughlin M, Kilcoyne K, Cameron KL, Owens BD. Surgical treatment of chronic exertional compartment syndrome of the leg: failure rates and postoperative disability in an active patient population. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95:592-596.
26. Illés T, Dubousset J, Szendrői M, Fischer J. Characterization of bone forming cells in posttraumatic myositis ossificans by lectins. *Pathol Res Pract*. 1992;188:172–176.
27. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med*. 2005;33:745-764.
28. Ryan JB, Wheeler JH, Hopkinson WJ, et al. Quadriceps contusions: West Point update. *Am J Sports Med*. 1991;19:299–304.
29. Ouellette H, Thomas BJ, Nelson E, Torriani M. MR imaging of rectus femoris origin injuries. *Skeletal Radiol* 2006; 35: 665–672.

BIBLIOGRAFIA

30. Sodl JF, Bassora R, Huffman GR, Keenan MA. Traumatic myositis ossificans as a result of college fraternity hazing. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:225-230.
31. Cooper DE. Severe quadriceps muscle contusions in athletes. *Am J Sports Med.* 2004;32:820-826.
32. Ryan JB, Wheeler JH, Hopkinson WJ, Arciero RA, Kolakowski KR. Quadriceps contusions. West Point update. *Am J Sports Med.* 1991;19:299-304.
33. M El-Husseiny, M Sukeik, FS Haddad. Arthroscopic excision of heterotopic calcification in a chronic rectus femoris origin injury: a case report. *Ann R Coll Surg Engl.* 2012;94:129–131.
34. Jassal DS, Low N, Oss LL, Zeisman , Embil J. Calcific myonecrosis: case report and review. *Ann Plast Surg.* 2001;46:174-177.

EXERCISE IS MEDICINE

Linee guida I.S.Mu.L.T. per il trattamento delle lesioni muscolari dell'atleta professionista e non



Presidente I.S.Mu.L.T.: **Prof. Nicola Maffulli**
 Vice Presidente I.S.Mu.L.T.: **Dott. Francesco Oliva**
 Segretario I.S.Mu.L.T.: **Dott. Antonio Frizziero**
 Coordinatore dell'opera: **Dott. Gianni Nanni**

Autori:

Barazzuol Michele

michelebarazzuol@hotmail.com

Brancaccio Paola

pabranca@libero.it

Del Buono Angelo

angelo_delbuono@libero.it

Freschi ????

m.freschi@isokinetic.com

Frizziero Antonio

antonio.frizziero@unipd.it

Galletti Stefano

s.galletti@fastwebnet.it

Lisitano Gianfranco

infi@kinecenter.it

Maffulli Nicola

n.maffulli@qmul.ac.uk

Melegati Gianluca

gianluca@melegati.it

Nanni Gianni

g.nanni@isokinetic.com

Francesco Oliva

Md; PhD; Dipartimento di Ortopedia e Traumatologia, Università Degli Studi di Roma Tor Vergata, Roma, Italia.
 olivafrancesco@hotmail.com

Pasta Giulio

ghitopasta@hotmail.com

Ramponi Carlo

ramponi.carlo@gmail.com

Rizzo Diego

diego.rizzo1982@gmail.com

Testa Vittorio

tesvit@libero.it

Valent Alessandro

a.valent@tin.it

Technogym Global Partner of:



An initiative of the American College of Sports Medicine