

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici



Università degli
Studi di Genova



Campus di
Savona

TESI DI MASTER

**GLI EFFETTI DELLA FATICA MUSCOLARE SULLA
PROPRIOCEZIONE E SUL CONTROLLO MUSCOLARE DELLA
SPALLA.**

Relatore
Diego Arceri

Tesi di:
Camilla Somigli

ANNO ACCADEMICO 2006-2007

INDICE

<i>Abstract.....</i>	<i>pag.3</i>
<i>Introduzione.....</i>	<i>pag.5</i>
<i>Materiali e Metodi</i>	<i>pag.8</i>
<i>Risultati.....</i>	<i>pag.11</i>
<i>Discussione.....</i>	<i>pag.18</i>
<i>Conclusioni.....</i>	<i>pag.23</i>
<i>Bibliografia.....</i>	<i>pag.25</i>

ABSTRACT

- **Obiettivo**

L'obiettivo della revisione è quello di descrivere gli effetti che la fatica muscolare ha sul controllo motorio e sulla propriocezione della spalla.

- **Metodi**

Sono stati ricercati attraverso il database Medline (Pubmed) gli articoli senza alcun limite riguardo al tipo di studio e senza alcun limite riguardo all'anno di pubblicazione. La ricerca è stata ristretta ai lavori in lingua inglese.

Le Key-words utilizzate sono: Shoulder Joint, Proprioception, Neuromuscular Control, Muscle Fatigue.

- **Risultati**

Sono stati presi in considerazione 8 studi che mettono in relazione le alterazioni della propriocezione e del controllo motorio della spalla dopo un protocollo di fatica muscolare dei muscoli del cingolo scapolare. Tra gli studi sono presenti 3 RCT, 1 Clinical Trial.

Da tutti gli studi presi in esame (21,22,23,24,25,27,28), tranne uno, si rivela una correlazione tra fatica muscolare e riduzione della propriocezione della spalla, valutata tramite esercizi che richiedevano: riconoscimento di una posizione prestabilita dell'arto sia attivamente che passivamente (21,24,23,26); il riconoscimento dell'inizio di un movimento passivo (27); riconoscimento delle variazioni di velocità di un movimento imposto all'arto superiore (28) e accuratezza e precisione di un movimento dell'arto superiore (25) avendo eliminato le afferenze

visive e uditive prima e dopo uno stato di fatica muscolare.

Lo studio i cui risultati non mettono in relazione propriocezione di spalla e fatica muscolare (26) pone l'attenzione sull'adeguatezza del proprio protocollo di fatica, con caratteristiche di breve durata e alta intensità.

- **Conclusioni**

Non sono numerose le evidenze che riguardano il rapporto tra fatica muscolare e alterazione della propriocezione della spalla. Alcuni studi(24,25,28,23,27,21,22) sembrano però concordi nell' affermare che la fatica muscolare riduce o comunque altera il senso di posizione e di movimento dell'articolazione gleno-omeroale, identificando come responsabili delle afferenze propriocettive i meccanoettori muscolari più che quelli articolari.

INTRODUZIONE

Controllo Neuromuscolare e Propriocezione

La propriocezione è solo una componente del controllo neuromuscolare, i due termini sono stati spesso usati in modo intercambiabile e quindi non corretto.

La propriocezione è comunemente definita come la percezione delle posizioni e dei movimenti (kinesthesia) dei segmenti del corpo in relazione fra di loro, senza l'aiuto degli input visivi e tattili. Mentre il controllo neuromuscolare è la risposta motoria efferente inconscia alle informazioni sensitive afferenti (propriocettive). (1)

La propriocezione si può considerare in tre sotto modalit  (2) che sono: il senso di posizione dell'articolazione, la kinestesia e la sensazione di forza la cui integrit    necessaria per una normale coordinazione e timing muscolare durante il movimento; il senso di posizione   la capacit  di riconoscimento e interpretazione delle informazioni riguardanti la posizione dell'articolazione e il suo orientamento nello spazio; la Kinestesia   l'abilit  di riconoscere ed interpretare il movimento articolare e la sensazione di forza   l'abilit  nel riconoscere ed interpretare la forza applicata all' articolazione o generata da essa. (3,4)

Il feedback propriocettivo   il risultato degli impulsi, riguardanti la posizione e il movimento articolare, trasmessi dai meccanocettori periferici al sistema nervoso centrale, il quale forma dei modelli interni di configurazione del corpo che poi utilizzer  insieme ad altri input sensomotori, visivi e vestibolari per programmare e correggere i movimenti.

I meccanocettori sono delle strutture neuro-epiteliali specializzate che si trovano nella pelle e nel tessuto muscolare, legamentoso e tendineo attorno all'articolazione. (5)

Essi traducono la deformazione funzionale e meccanica in un segnale neurale a frequenza modulata. Un aumento della deformazione meccanica causa così un aumento della scarica afferente dei segnali neurali al SNC.(6) I meccanocettori includono i corpuscoli del Pacini, le terminazioni di Ruffini, organi tendinei del Golgi e i fusi neuromuscolari.(7,8,9)

Nell'articolazione della spalla ,questi recettori e quindi il segnale da essi trasmesso, sono presenti nei muscoli della cuffia dei rotatori,nei tendini e nella capsula articolare. Jerosh et al.(10) in uno studio su cadavere della capsula articolare della spalla ha trovato alcuni assoni neurali di vari diametri che non avevano alcuna relazione diretta con i vasi sanguigni o con le loro pareti e ha quindi concluso che questi assoni potevano essere coinvolti nella propriocezione dell'articolazione della spalla.(11)

Anche in un altro studio (Vagsness and Coworkers,1995,7) sono state evidenziate delle terminazioni nervose propriocettive nei legamenti capsulari dell'articolazione gleno-omerale e delle terminazioni nervose libere nel labbro glenoideo. Queste strutture sono responsabili dell' input neurale che determina l'abilità nel riconoscere in movimento e il posizionamento articolare. Inoltre da questo e da altri studi (12) è stato evidenziato che siccome la cartilagine articolare non contiene elementi neurali è proprio la vera superficie articolare e quindi la capsula articolare che gioca un ruolo maggiore nella propriocezione della spalla. C'è però un più recente punto di vista (13) che suggerisce che sono i recettori muscolari ad avere un importante ruolo nella propriocezione articolare della spalla.

E' certo comunque che un normale senso di posizione e di movimento articolare è fondamentale per una corretta attivazione e coordinazione muscolare in tutti i movimenti del cingolo scapolare, ed una corretta attivazione muscolare è fondamentale per garantire, insieme agli stabilizzatori passivi, un buon centraggio della testa dell'omero all'interno della cavità glenoidea. (14,15,16) Questo rende comprensibile come una disfunzione dell' articolazione gleno-omerale può essere associata ad un deficit propriocettivo della stessa; se la coordinazione muscolare è alterata

come risultato di una ridotta propriocezione articolare possiamo andare incontro ad una spalla instabile sintomatica.(11)

La fatica muscolare

La fatica muscolare è una riduzione indotta dall'esercizio della massima forza muscolare volontaria. Essa può essere determinata non solo dai cambiamenti periferici a livello delle fibre muscolari, ma anche da variazioni del segnale trasmesso ai motoneuroni dal sistema nervoso centrale.(17)

La fatica muscolare localizzata è anche definita come un impairment acuto della performance che include sia l'aumento della percezione dello sforzo necessario per applicare una forza desiderata sia una eventuale inabilità nel produrre quella forza.(18,19)

La maggior parte degli studi sulla fatica muscolare pongono la loro attenzione riguardo ai cambiamenti delle proprietà contrattili dei muscoli, meno è l'attenzione rivolta agli effetti che essa ha sulla propriocezione o sull'integrazione della coordinazione motoria.(20) Ma è sempre più frequente l'associazione tra fatica muscolare e impairment nella performance motoria (17,18).

A livello della fibra muscolare il fenomeno della fatica si instaura quando la prestazione meccanica richiesta ai muscoli è intensa e prolungata o l'apporto di O₂ è insufficiente; in questi casi essi possono utilizzare il CP(creatinfosfato) per ottenere ATP, ma con l'esaurirsi della disponibilità anche di questa sostanza, devono ottenere l'energia necessaria in misura sempre maggiore dalla glicolisi anaerobica. In queste condizioni si instaura, dopo un periodo di tempo più o meno lungo, la fatica muscolare: le contrazioni diventano sempre più deboli e rallentate e nelle successive contrazioni il muscolo si rilascia in modo sempre più incompleto, finché rimane uno stato di permanente accorciamento.(21)

La fatica muscolare a livello della fibra muscolare è caratterizzata da una forte riduzione del CP e glicogeno e da una concentrazione di acido lattico, come prodotto ultimo della glicolisi anaerobica .(21)

Gandevia (2001,17) ha invece posto l'attenzione sulla storia delle controversie riguardo ai fattori centrali e periferici alla base della fatica muscolare.

Nel suo lavoro mediante la tecnica di "twitch interpolation" ha messo in evidenza le variazioni degli impulsi del SNC ai motoneuroni durante la fatica. L'attivazione volontaria di solito diminuisce durante i compiti volontari isometrici massimali , si sviluppa fatica centrale e diminuisce l'attivazione dell'unità motoria. (17) La stimolazione della corteccia motoria durante la fatica muscolare ha rivelato cambiamenti focali nell'eccitabilità e nell'inibizione corticale, registrati al EMG e una riduzione degli impulsi sovraspinali valutati analizzando la forza muscolare.

Alcuni dei cambiamenti del comportamento della corteccia motoria possono essere dissociati dallo sviluppo di questa fatica sovrspinale .Cambiamenti centrali si presentano anche a livello spinale dovuti ad un input alterato dal fuso neuromuscolare, dall'organo tendineo del Golgi.(17)

Alcune proprietà adattative intrinseche del motoneurone aiutano a minimizzare la fatica. Diversi altri cambiamenti centrali avvengono durante la fatica e colpiscono per esempio la propriocezione il tremore e il controllo posturale.(17)

MATERIALI E METODI

Gli articoli presi in considerazione sono stati trovati nel database Medline (pubmed). Per la ricerca sono state utilizzate le seguenti key-words: shoulder Joint, proprioception, neuromuscular control, muscle fatigue.

E' stata effettuata una prima ricerca attraverso le seguenti parole chiave:

- Shoulder AND Proprioception

Ho poi raffinato la mia ricerca utilizzando i MESH ed ho inserito le seguenti stringhe:

- "Shoulder"[Mesh] OR "Shoulder Joint"[Mesh] AND "Proprioception"[Mesh] AND "Muscle Fatigue"[Mesh]
- "Shoulder"[Mesh] OR "Shoulder Joint"[Mesh] AND "Proprioception"[Mesh] OR "sensorimotor control" OR "neuromuscular control" AND "Muscle Fatigue"[Mesh]

La ricerca è stata limitata agli articoli in lingua inglese, e a studi effettuati su umani, senza alcun limite per quanto riguarda la data di pubblicazione e il tipo di studio.

La prima ricerca ha evidenziato 356 articoli, i quali attraverso la lettura degli abstract, sono stati selezionati attraverso i seguenti criteri di esclusione :

- studi che non mettono in relazione la fatica muscolare e propriocezione della spalla.
- studi prendono in considerazione soggetti affetti da patologie neurologiche e/o patologie muscolotendine e problemi di instabilità

- di spalla.
- studi che hanno come popolazione i bambini
- studi prendono in considerazione altri distretti corporei rispetto al cingolo scapolare

La seconda e la terza ricerca, effettuate con l'utilizzo dei MESH hanno portato ad evidenziare rispettivamente 9 e 22 articoli. In seguito ad un'attenta analisi delle tre ricerche sono stati selezionati 9 articoli, dei quali è stato reperito il full test di 8. Un articolo è stato escluso per la mancanza di abstract (Hardin JA. *The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense*. Am J Sports Med. 1998 jul-aug;26(4):605)

Tra gli articoli posseduti in versione integrale sono presenti: 3 Randomized Clinical Trial; 1 Clinical Trial.

Gli studi presenti in bibliografia e non citati nella tabella dei risultati , non sono stati considerati in questa revisione, ma sono sia citazioni bibliografiche degli studi che ho considerato per la revisione, sia studi ricercati per completare le informazioni introduttive.

RISULTATI

<u>Autori, titolo,anno di pubblicazione</u>	<u>Tipo di studio</u>	<u>Popolazione</u>	<u>Risultati</u>
<p>1.Tripp BL,Yochem EM,Uhl TL.</p> <p><i>Funtional fatigue and upper extremity sensorimotor system acuity in baseball athletes.</i></p> <p>J Athl Train. 2007 Jan-Mar;42(1):90-8. PMID: 17597949 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>Valutazione della capacità di riproduzione della posizione di due fasi del lancio:soggetto in appoggio sul ginocchio dell'arto dominante e con una flessione di anca e ginocchio di 90° dell'arto non dominante.Bendato. Riproduzione della posizione di "arm cock" (posizione del braccio in alto nella quale si comincia il lancio)e della posizione di "ball release"(posizione del braccio subito prima di lasciare la pallina).Protocollo di fatica fino al raggiungimento del punteggio 14 nella scala Borg e subito post test con le stesse modalità del test iniziale.</p> <p>La successione della riproduzione dell'una o dell'altra posizione per ogni soggetto ha ordine random.</p>	<p>16 studenti volontari in salute giocatori di baseball (con una media di 2.3 anni di esperienza nella squadra del college e una media di 15 anni di esperienza nel baseball)con età media di 21 anni.</p>	<p>La fatica funzionale influenza l'acutezza di tutto l'arto superiore;delle singole articolazioni e del movimento poliarticolare nelle attività overhead. Bisogna quindi tenere in considerazione questo effetto negativo della fatica muscolare all'interno dei programmi riabilitativi e nei protocolli di prevenzione delle lesioni, allenando l' endurance muscolare nei movimenti poliarticolari e multiplanari.</p>

<p>2.Myers JB,GuskiewiczKM, Schneider RA, Prentice WE.</p> <p><i>Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue .</i></p> <p>J Athl Train. 1999 Oct;34(4):362-367. PMID: 16558590 [PubMed - as supplied by publisher]</p>	<p>Un gruppo di controllo e un gruppo sperimentale ai quali i soggetti sono stati assegnati in maniera random. Tutti i soggetti erano valutati mediante due test :un test di riproduzione attiva di un angolo articolare (AAR) e un test di stabilità dinamica su un singolo arto(SADS). E' stato effettuato per ogni soggetto uno dei due test, un protocollo di fatica muscolare e nuovamente lo stesso test.A distanza di una settimana ogni soggetto veniva valutato con l'altro test. L'ordine di somministrazione dei due test avveniva in modo random.</p>	<p>32 soggetti fisicamente attivi (16 maschi e 16 femmine) dai 18 ai 25 anni con età media di 21,82 anni per gli uomini e 20,82 anni per le donne. Senza storia di instabilità gleno-omeroale o patologie dell'arto superiore.</p>	<p>La fatica muscolare dei rotatori interni ed esterni della spalla diminuisce la propriocezione della spalla , mentre non ha effetti significativi sul controllo motorio.</p>
---	---	--	--

<p>3.Lee HM, Liao LL,Cheng CK, Tan CM,Shih JT.</p> <p><i>Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue.</i></p> <p>Clin Biomech (Bristol, Avon). 2003 Nov;18(9):843-7. PMID: 14527811 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>CLINICAL TRIAL</p> <p>Valuta la propriocezione della spalla misurando la capacità di riposizionamento attivo e passivo dell'arto superiore dominante mediante un dinamometro isocinetico e un sistema di valutazione propriocettiva. La stessa misurazione viene effettuata dopo l'esecuzione di un protocollo di fatica. Dopo 3 minuti dal raggiungimento della fatica muscolare.</p>	<p>11 soggetti senza alcuna patologia con età media di 27.3 anni</p>	<p>Non ci sono differenze significative della propriocezione della spalla tra il test pre e post fatica nel riposizionamento passivo della spalla in rotazione interna ad esterna e nel riposizionamento attivo della spalla in rotazione interna. Mentre ci sono significative differenze tra il test pre e post fatica per quanto riguarda il riposizionamento attivo della spalla in rotazione esterna.</p>
<p>4. Nussbaum MA.</p> <p><i>Postural stability is compromised by fatiguing overhead work.</i></p> <p>AIHA J (Fairfax, Va). 2003 Jan-Feb;64(1):56-61. PMID: 12570396 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>Valutazione della stabilità posturale, e della precisione del movimento durante un prolungato training (fino alla fatica muscolare) di attività overhead consistente in movimenti del braccio sopra la testa con il compito di raggiungere un bersaglio fisso.</p>	<p>16 studenti universitari (8uomini e 8 donne) tutti destrimani tra i 18 e i 22 anni. Senza storie recenti (12 mesi) di patologia muscoloscheletriche e un moderato livello di attività fisica. Statura media di 171.6 e media della massa corporea 69.4 Kg.</p>	<p>I risultati derivanti da ogni set di misura rivelano che durante il training aumenta l'oscillazione e diminuisce il controllo della stabilità posturale e la precisione nel raggiungimento del bersaglio stabilito.</p>

<p>5. .Pedersen J, Lonn J, Hellstrom F, Djupsjobacka M, Johansson H.</p> <p><i>Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder.</i></p> <p>Med Sci Sports Exerc. 1999 Jul;31(7):1047-52. PMID: 10416568 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>Valutazione dell'abilità dei soggetti di distinguere variazioni di velocità , rispetto ad una velocità stabilita, dell'arto dominante, mediante due tipi di compiti: 1)light exercise (LE) ripetitive e isocinetiche flesso /estensioni orizzontali della spalla in un range tra gli 85° e i 20° rispetto ad un piano orizzontale al 10% della massima contrazione volontaria. 2)hard exercise (HE) lo stesso movimento del primo esercizio ma eseguendo la massima contrazione volontaria fino alla fatica muscolare. L'ordine dei due test era scelto a caso per ogni soggetto e i test erano eseguiti a distanza di un giorno l'uno dall'altro.</p>	<p>14 soggetti di età media di 23 anni (8 maschi e 6 femmine) con altezza media di 184.4 per gli uomini e 172.8 per le donne e peso di 82.9 per gli uomini e 62.1 per le donne . Tutti soggetti destrimani senza storia di problemi muscoloscheletrici nella parte superiore del corpo .11 soggetti effettuano attività fisica 3 o più volte/sett, 2 effettuano attività fisica meno di 3 volte/ sett, 1 non effettua un regolare allenamento.</p>	<p>I risultati hanno mostrato che i soggetti hanno una ridotta capacità di riconoscimento delle differenti velocità di movimento durante il protocollo do HE rispetto al protocollo di LE. Quindi la capacità di riconoscere il senso di movimento nella spalla dell'arto dominante è ridotta dalla fatica muscolare. E' in discussione la possibile influenza della fatica muscolare sui recettori muscolari periferici per il senso di movimento.</p>
---	--	--	---

<p>6. Sterner RL, Pincivero DM, Lephart SM.</p> <p><i>The effects of muscular fatigue on shoulder proprioception.</i></p> <p>Clin J Sport Med. 1998 Apr;8(2):96-101. PMID: 9641437 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>RANDOMIZED CLINICAL TRIAL</p> <p>Un gruppo di controllo e un gruppo sperimentale ai quali i soggetti sono stati assegnati a caso. La propriocezione della spalla è valutata attraverso la riproduzione attiva e passiva di una posizione (ARPP);la riproduzione attiva di un posizionamento attivo (ARAP);la riproduzione di un posizionamento passivo(RPP)e la soglia di riconoscimento di un movimento passivo(TTDPM)Il gruppo sperimentale ha poi effettuato un protocollo di fatica ed è stato ritestato.</p>	<p>20 volontari maschi con età media di 23.81 anni , altezza 177.09 cm e peso 82.45Kg, studenti universitari. Criteri di esclusione:storia di patologie o lesioni all'arto superiore,malattie cardiovascolari o coronariche, o patologie che interessano il sistema sensoriale.</p>	<p>La propriocezione attiva e passiva della spalla sia per quanto riguarda la rotazione esterna che la rotazione interna non viene alterata dalla breve durata e alta intensità del protocollo di fatica usato per questo studio</p>
--	--	---	--

<p>7.Carpenter JE, Blaiser RB, Pellizzon GG.</p> <p><i>The effect of muscle fatigue on shoulder joint position sense.</i></p> <p>Am J Sports Med. 1998 Mar-Apr;26(2):262-5. PMID: 9548121 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>RANDOMIZED CLINICAL TRIAL</p> <p>La propiocezione della spalla è stata misurata come la soglia di primo riconoscimento della rotazione omerale partendo da una posizione di 90° di abduzione e 90° di rotazione esterna dell'articolazione gleno-omerale.</p> <p>I soggetti erano testati fino ad arrivare alla sensazione di fatica senza percepire dolore e poi ritestati con un identico protocollo. Entrambe le spalle erano testate e l'ordine tra arto dominante e non dominante era random.</p> <p>La propiocezione della spalla è stata analizzata per la sua dipendenza rispetto all'arto dominante, direzione della rotazione e fatica muscolare.</p>	<p>20 volontari (11 maschi e 9 femmine) in salute con età compresa tra i 19 e i 30 anni (media 23.7 anni). Senza alcuna storia di patologie di spalla , chirurgia o problemi medici. Tutti i soggetti presentano un ROM entro i normali limiti e,in particolare, nessuno ha presentato difficoltà o disagio nella posizione articolare della spalla durante il test.</p>	<p>Complessivamente prima del protocollo di fatica il movimento della spalla era identificato dopo una media di 0.92° di rotazione, dopo il protocollo di fatica la soglia di riconoscimento del movimento articolare era a 1,59°, un incremento del 73%.</p> <p>Questo incremento era presente nel riconoscimento sia dei movimenti in rotazione esterna che interna.</p> <p>La riduzione della propiocezione con la fatica muscolare può giocare un ruolo molto importante nella riduzione della performance atletica e nelle disfunzioni della spalla legate alla fatica.</p>
---	--	--	--

<p>8.Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, Tippett S, Canner GC.</p> <p><i>The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception.</i></p> <p>J Orthop Sports Phys Ther. 1996 Jun;23(6):348-52. PMID: 8727014 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	<p>RANDOMIZED CLINICAL TRIAL</p> <p>Ogni soggetto veniva bendato, collegato ad un dinamometro isocinetico e aveva come posizione di partenza la spalla abdotta a 90° e il gomito flesso a 90°. Il braccio veniva passivamente posizionato in rotazione esterna di 75° per 10" e poi passivamente riportato alla posizione di partenza. Al soggetto era quindi chiesto di riportare attivamente e passivamente il braccio nella posizione di riferimento. Dopo il protocollo di fatica il riposizionamento attivo e passivo veniva ritestato. L'ordine dei test era random.</p>	<p>80 soggetti volontari con un età media di 23.7 anni (37 maschi e 43 femmine) senza storia di patologie gleno-omerale.</p>	<p>Una differenza significativa è stata messa in evidenza dai valori dei test pre e post fatica. Non ci sono state rilevanti differenze tra l'arto dominante e quello non dominante e non è stata stabilita una relazione tra arto dominante e propriocezione della spalla. E' stato concluso che la propriocezione della spalla diminuisce in presenza di fatica muscolare dei muscoli del cingolo scapolo-omerale, suggerendo così' che i protocolli riabilitativi dovrebbero enfatizzare l'incremento dell'endurance muscolare.</p>
--	--	--	--

DISCUSSIONE

Il feedback propriocettivo per quanto riguarda il senso di posizione articolare deriva dalla stimolazione meccanica dei meccanocettori presenti nelle strutture articolari e nella pelle.(5)

I meccanocettori di Ruffini sono predominanti in tutte le strutture articolari eccetto che nei legamenti gleno-omerali dove prevalgono i corpuscoli del Pacini (7).I Fusi neuromuscolari e gli organi tendinei del Golgi sono presenti nel muscolo e probabilmente i Fusi sono più responsabili del senso di posizione articolare.(5) I nocicettori presenti nella pelle intorno all'articolazione è probabile che provvedano al feedback afferente.(7)

Lo studio di Myers del 1999(22) valuta il rapporto tra propriocezione e fatica muscolare mediante un test di riproduzione attiva di un angolo articolare (AAR) pre e post fatica. Dal momento che dopo il protocollo di fatica l'abilità del gruppo sperimentale di riprodurre l'angolo articolare di riferimento era ridotta [Fig.1] è stato ipotizzato che i meccanocettori muscolari, in particolar modo i Fusi neuromuscolari, sono probabilmente i più importanti recettori coinvolti nel senso di posizione articolare. Durante i movimenti di rotazione esterna ed interna della spalla i Fusi neuromuscolari ricevono informazioni dalla variazione di lunghezza del muscolo e trasmettono l'informazione sulla posizione articolare al SNC .(5, 29)

La ragione di questa disfunzione non è in realtà completamente spiegata, viene ipotizzato in questo ed in altri studi, tra cui lo studio di Pedersen (28,30) che le variazioni del metabolismo cellulare che stanno alla base della fatica muscolare come l'incremento all'interno delle fibre muscolari di acido Lattico, KCL, Bradichinine, acido Arachidonico e serotonina, possano interferire con il sistema dei fusi neuromuscolari e quindi con il controllo propriocettivo. E dal momento che l' accumulo di metaboliti è più pronunciato all'interno del muscolo che nelle strutture articolari, i meccanocettori muscolari possono essere maggiormente colpiti di quelli articolari.(30) Questo potrebbe portare ad un'informazione propriocettiva

basata solamente su i recettori articolari e ad una limitata abilità nel riposizionamento articolare.

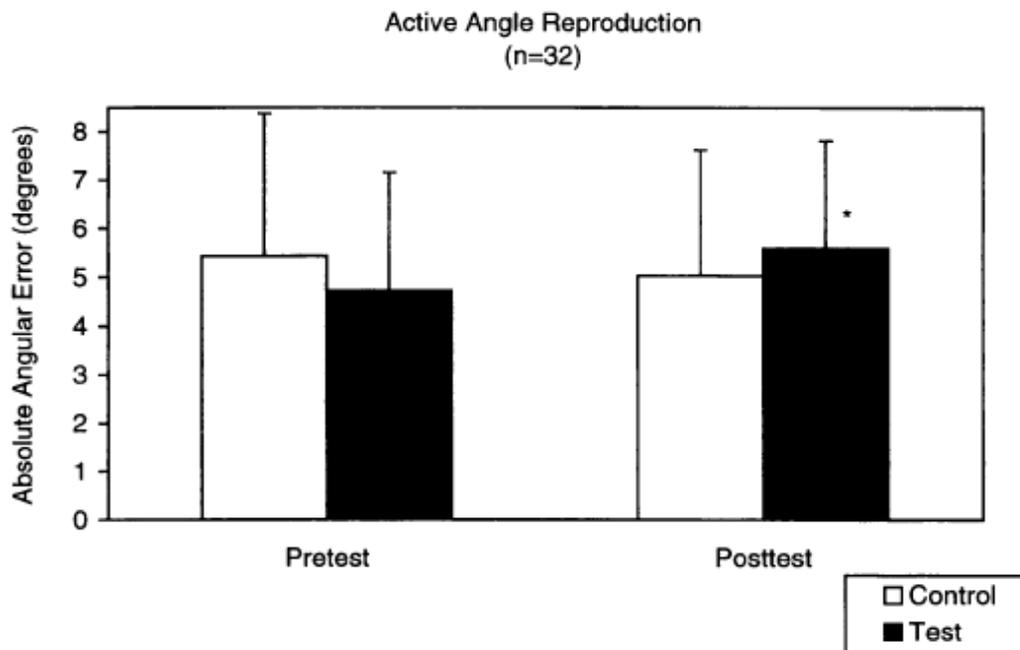


Fig.1 Valori pre e post test (errore angolare assoluto) del gruppo sperimentale e del gruppo controllo. *Differenza significativa tra pre e post test.

Pedersen (28) e Myers (22) prendono anche in considerazione il fatto che sia la fatica “centrale” che “periferica” possono influenzare la riproduzione attiva di un angolo articolare. La fatica “centrale” è dovuta all'attivazione e a variazioni del SNC, mentre la fatica “periferica” si esplicita a livello del sarcomero e coinvolge la giunzione neuromuscolare, il sarcolemma i tubuli trasversi.(31) Il protocollo di fatica dovrebbe quindi non solo affaticare il muscolo del cingolo scapolo-omerale, ma anche la consapevolezza del senso di posizione articolare.(22)

Anche secondo Voight et al. (23) la disfunzione dei meccanocettori muscolari dovuta alla fatica muscolare può offrire una spiegazione ai risultati del

proprio studio riguardante il riposizionamento passivo con spalla abdotta ed extraruotata. Infatti mantenendo la posizione end-range in rotazione esterna, i meccanoceffori muscolari sensibili alla tensione muscolare, durante il protocollo di fatica possono andare incontro ad una desensibilizzazione e ad un successivo adattamento allo stimolo. Inoltre il muscolo affaticato e le sue componenti possono diventare disfunzionanti rendendo così i recettori muscolari meno sensibili alle variazioni di tensione. (23) Questi risultati sono in contrapposizione con le proposte di alcuni precedenti studi che individuano solo i cambiamenti di tensione della capsula articolare responsabili del senso di posizione passivo.(32)

Un altro aspetto è stato preso in considerazione da Lee nel suo studio (24) che comunque avvalorata la tesi del maggior coinvolgimento dei meccanoceffori muscolari nel controllo propriocettivo. Nel suo studio risulta che sono evidenti alterazioni della propriocezione riguardante il posizionamento attivo in rotazione esterna dopo il training di fatica, ma non così evidenti in rotazione interna.(24)

Un motivo potrebbe essere che da un test di fatica muscolare dei muscoli della spalla sui giocatori di tennis di un lavoro del 1999 (33) è risultato che i rotatori interni hanno una più alta resistenza alla fatica muscolare rispetto ai rotatori esterni. Avendo Lee et. al. nel suo studio effettuato un protocollo di fatica isocinetico per i rotatori interni ed esterni simile a quello dello studio prima citato è verosimile pensare che i rotatori esterni si siano affaticati maggiormente rispetto agli interni e che quindi i meccanoceffori muscolari dei tendini della cuffia dei rotatori per la fatica abbiano ridotto la loro sensibilizzazione e alterato la propriocezione della spalla maggiormente nel riposizionamento attivo in rotazione esterna. Per quanto riguarda il riposizionamento passivo lo studio di Lee et al. non evidenzia alterazioni della propriocezione nel riposizionamento passivo.

Questo è un dato che si contrappone ai risultati dello studio di Voight et al., ma nei due studi c'è una sostanziale differenza nella selezione della velocità angolare del posizionamento passivo.

Lee et al.(24) hanno utilizzato una velocità di $0,5^\circ/\text{sec}$ che ha stimolato maggiormente i meccanocettori a lento adattamento presenti in maggior numero a livello articolare. Voight (23) ha utilizzato una velocità di $2^\circ/\text{sec}$ stimolando così i meccanocettori a rapido adattamento, presenti soprattutto a livello muscolare. Quindi il riposizionamento passivo a bassa velocità coinvolge maggiormente i recettori articolari a basso adattamento (35) i quali quindi non interferiscono significativamente con la propriocezione della spalla dopo la fatica muscolare.

Anche lo studio di Carpenter (27) conclude che la fatica muscolare può significativamente ridurre il senso di posizione della spalla. Rilevando dai suoi dati un aumento della soglia di riconoscimento dell'inizio del movimento dopo il training di fatica del 173% (27). [Fig.2]

Tripp et al. (21) hanno valutato la riduzione della propriocezione dell'arto superiore dopo la fatica in atleti di baseball, rilevando una marcata alterazione del senso di posizione dell'articolazione scapolo-toracica, gleno-omerale, del gomito e nel polso.(21) Questa alterazione era più evidente nella posizione di test a mid-range delle quattro articolazioni, avvalorando la tesi che le posizioni a mid-range del movimento articolare necessitano in modo maggiore delle afferenze dei recettori muscolari (36) e la fatica può avere un effetto di desensibilizzazione dei recettori muscolari e una riduzione delle afferenze alle quattro articolazioni.

L'unico studio, tra quelli presi in considerazione a non aver ottenuto dati che relazionassero la fatica muscolare dei muscoli della spalla con alterazione della propriocezione della spalla, è quello di Sterner et al (26). Dagli stessi autori è spiegato come il protocollo di fatica da loro utilizzato tra il pre e il post test possa non essere stato idoneo.

La breve durata e l'alta intensità del protocollo non determinano un'alterazione della propriocezione nei mid-ranges di rotazione esterna e interna.(26)

Per quanto riguarda il controllo neuromuscolare, solo lo studio di Myers et al. (22) valuta le sue possibili variazioni con la fatica muscolare facendo

effettuare ai soggetti del gruppo sperimentale un test di stabilità dinamica su un singolo braccio prima e dopo il protocollo di fatica. I risultati e cioè la valutazione della velocità delle oscillazioni nel mantenimento della posizione, non evidenziano significative alterazioni del controllo neuromuscolare a causa della fatica.(22)

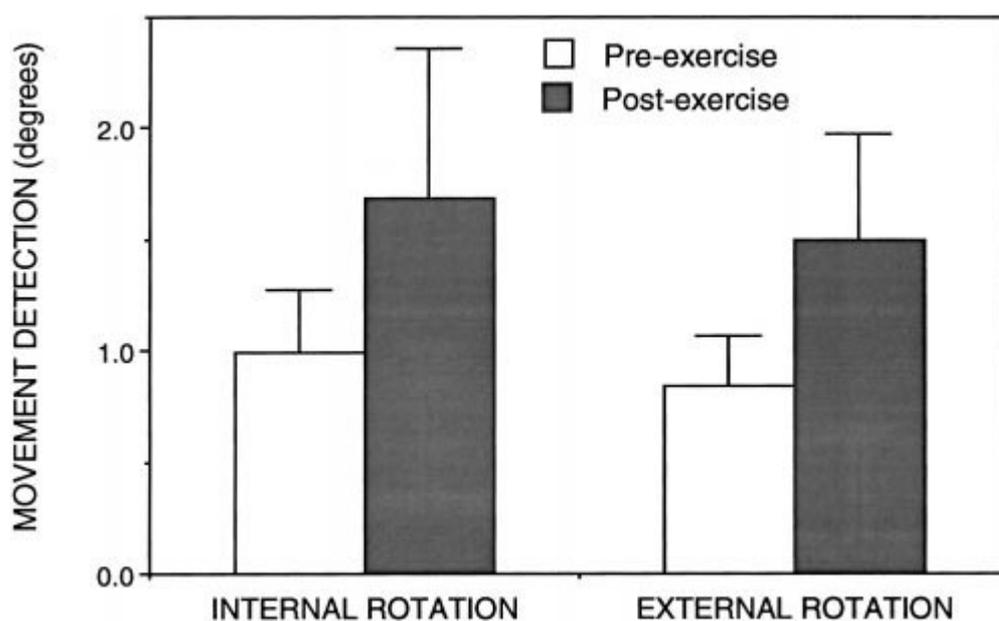


Fig.2 Media delle soglie di riconoscimento di inizio del movimento prima e dopo il protocollo di fatica in rotazione esterna ed interna. Il senso di posizione articolare è significativamente ridotto ($P < 0.001$) dopo la fatica muscolare.

CONCLUSIONI

Non sono numerose le evidenze che riguardano il rapporto tra fatica muscolare e alterazione della propriocezione della spalla. Alcuni studi (24,25,28,23,27,21,22) sembrano però concordi nell' affermare che la fatica muscolare riduce o comunque altera il senso di posizione e di movimento dell'articolazione gleno-omeroale, identificando come responsabili delle afferenze propriocettive i meccanicettori muscolari più che quelli articolari. Sui quali la fatica muscolare sembra avere più influenza.

Da chiarire ed approfondire sono gli effetti della fatica centrale sui meccanismi propriocettivi e dell'effetto che la fatica muscolare ha sul controllo neuromuscolare in generale.

Queste alterazioni della propriocezione dovute alla fatica muscolare potrebbero dunque essere prese in considerazione all'interno dei protocolli riabilitativi magari enfatizzando l'incremento dell'endurance muscolare(23). Sarebbe interessante e vantaggioso a livello di risultati comparare, all'interno di un protocollo riabilitativo, il recupero muscolare al recupero propriocettivo. In ogni fase del recupero sarebbe opportuno valutare l'endurance muscolare e le "capacità" propriocettive dell'articolazione in modo da incrementarle entrambe senza che la fatica muscolare abbia effetti negativi sul training propriocettivo che andremo a condurre. Inoltre in fase riabilitativa tener conto delle alterazioni della propriocezione a causa della fatica muscolare è estremamente importante perchè ci può consentire di monitorare fase per fase quale siano le capacità propriocettive dell'articolazione a seconda del training di forza che stiamo effettuando su di essa e questo ritengo sia estremamente utile al fine di evitare l'instaurarsi di qualsiasi disfunzione articolare dovuta a insufficienti informazioni propriocettive su di essa.

E' da considerarsi anche che riduzione della propriocezione con la fatica muscolare può giocare un ruolo molto importante nella riduzione della

performance atletica e nelle disfunzioni della spalla legate alla fatica.(21)
Quindi sarebbe indicato tenerne conto durante le sedute di allenamento in modo da effettuare una prevenzione per le lesioni e le disfunzioni di spalla in quanto un gesto atletico altamente specializzato in condizioni di fatica muscolare, ripetuto più e più volte, in mancanza di un adeguato supporto propriocettivo potrebbe facilmente portare a lesioni o disfunzioni dell'articolazione.

BIBLIOGRAFIA

1. Lephart SM, Wamer JP, Borsa PA, Fu FH. Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994;3:371-380.

2. Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: effect of injury and rehabilitation. *Man Ther.* 2006 Aug;11(3):197-201. Epub 2006 Jun 14. Review.
PMID: 16777465 [PubMed - indexed for MEDLINE]

3. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part 2: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. *Journal of Athletic Training* 2002b;37(1):80-4.

4. Myers JB, Lephart SM. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of Athletic Training* 2000;35(3):351-63.

5. Grigg P. Peripheral neural mechanism in proprioception. *J Sport Rehabil.* 1994;3:2-17.

6. Lephart SM. Reestablishing proprioception, kinesthesia, joint position sense, and neuromuscular control in rehabilitation. In: Prentice WE, ed. *Rehabilitation Techniques in Sports Medicine*. 2nd ed. St. Louis, MO: Mosby; 1994:118-137.

- 7 Vangsness CT, Ennis M, Taylor JG, Atkinson R. Neural anatomy of the glenohumeral ligaments, labrum, and subacromial bursa. *Arthroscopy* 1995;11(2):180-4.
- 8 Solomonow M, Guanche CA, Wink CA, Knatt T, Barratta RM, Lu Y. Shoulder capsule reflex arc in the feline shoulder. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 1996;5:139-46.
- 9 Gohlke F, Muller T, Sokeland T, Schmitz F, Messlinger K. Distribution and morphology of mechanoreceptors in the rotator cuff. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 1996;5(Supp):S72.
- 10 Jerosch J, Steinbeck J, Clahsen H, et al: Function of the glenohumeral ligaments in active stabilisation of the shoulder joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1: 152-158, 1993
11. Smith RL, Brunolli J. Shoulder kinesthesia after anterior glenohumeral dislocation. *Phys Ther.* 1989;69:106-112.
- 12 Newton, R.A., 1982. Joint receptor contributions to reflexive and kinesthetic responses. *Phys. Ther.* 62, 22-29.
- 13 Gandevia, S.C., McCloskey, D.I., Burke, D., 1992. Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends Neurosci.* 15, 42-45.
14. Blasier RB, Carpenter JE, Huston LJ: Shoulder proprioception: Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. *Orthop Rev* 23: 45-50, 1994

- 15 Blasier RB, Guldberg RE, Rothman EG: Anterior shoulder stability: Contributions of rotator cuff forces and the capsular ligaments in a cadaver model. *J Shoulder Elbow Surg* 1: 140–150, 1992
- 16 Cain PR, Mutschler TA, Fu FH, et al: Anterior stability of the glenohumeral joint. A dynamic model. *Am J Sports Med* 15: 144–148, 198
17. Gandevia, S. C. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiol Rev* 81: 1725–1789, 2001
18. Chaffin, D. B. Localized muscle fatigue: definition and measurement. *J. Occup. Med.* 15:346-354, 1973.
19. Enoka, R. M. and D. G. Stuart. Neurobiology of muscle fatigue. *J. Appl. Physiol.* 72:1631-1648, 1992.
20. Gandevia, S. C., R. M. Enoka, A. J. McComas, D. G. Stuart, and C. K. Thomas. (Eds.). Neurobiology of muscle fatigue, advances and issues. In: *Fatigue, Neural and Muscular Mechanism*, New York: Plenum Press, 1995, pp. 515-524.
21. Tripp BL, Yochem EM, Uhl TL. Functional fatigue and upper extremity sensorimotor system acuity in baseball athletes. *J Athl Train* 2007 Jan-Mar;42(1):90-8 Myers JB, Guskiewicz KM,
22. Schneider RA, Prentice WE. Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue. *J Athl Train.* 1999 Oct;34(4):362-367. PMID: 16558590 [PubMed - as supplied by publisher]
23. Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, Tippet S, Canner GC. The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996 Jun;23(6):348-52. PMID:

8727014 [PubMed - indexed for MEDLINE]

24.Lee HM, Liau LL, Cheng CK, Tan CM, Shih JT. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2003 Nov;18(9):843-7. PMID: 14527811 [PubMed - indexed for MEDLINE]

25.Nussbaum MA. Postural stability is compromised by fatiguing overhead work. *AIHA J (Fairfax, Va)*. 2003 Jan-Feb;64(1):56-61. PMID: 12570396 [PubMed - indexed for MEDLINE]

26.Sterner RL, Pincivero DM, Lephart SM. The effects of muscular fatigue on shoulder proprioception. *Clin J Sport Med*. 1998 Apr;8(2):96-101. PMID: 9641437 [PubMed - indexed for MEDLINE]

27.Carpenter JE, Blaiser RB, Pellizzon GG. The effect of muscle fatigue on shoulder joint position sense. *Am J Sports Med*. 1998 Mar-Apr;26(2):262-5. PMID: 9548121 [PubMed - indexed for MEDLINE]

28.Pedersen J, Lonn J, Hellstrom F, Djupsjobacka M, Johansson H. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. *Med Sci Sports Exerc*. 1999 Jul;31(7):1047-52. PMID: 10416568 [PubMed - indexed for MEDLINE]

29.Matthews PBC. Muscle afferents and kinaesthesia. *Br Med Bull*. 1977;33:137-142.

30.Skinner HB, Wyatt MP, Hodgdon JA, Conard DW, Barrack RL. Effect of fatigue on joint position sense of the knee. *J Orthop Res*. 1986;4:112-118.

- 31.Powers SK, Howley ET. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance. 1st ed. Dubuque, IA: Wm. C. Brown; 1990:539.
- 32.Lephart SM, Fu FH, Borsa PA, Harner CD, Safran MR, Warner JJP: Proprioception of the knee and shoulder joints in normal, athletic, capsuloligamentous injured, and post-surgical individuals: A model for the measurement of joint proprioception characteristics. Presented at the annual conference of the American Academy of Orthopedic Surgeons, Pittsburgh, PA, April, 1994
- 33.Ellenbecker, T.S., Roetert, E.P., 1999. Testing isokinetic measure fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis. J. Orthoo. Sport. Phys. Ther. 29, 275–281.
- 34.Lephart, S.M., Pincivero, D.M., Giraldo, J.L., et al., 1997. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am. J. Sports. Med. 25, 130–137.