



**Università degli Studi di Genova**  
Facoltà di Medicina e Chirurgia  
Campus di Savona

In collaborazione con Libera Università di Bruxelles

***Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici***

**Effetti del dolore e della Fatica  
sull'attivazione  
dei muscoli del cingolo  
scapolo-omerale**

Candidato: Galbusera Alberto

Relatore: Migliorini Manolo

Anno Accademico 2008/2009

## **ABSTRACT**

**INTRODUZIONE:** fatica muscolare e dolore sono indicati come cause di alterazioni nell'attivazione muscolare del cingolo scapolo-omerale e, di conseguenza, di modifiche della fisiologica cinematica articolare, possibile causa di quadri clinici patologici. L'obiettivo di questo studio è quello di svolgere una revisione sistematica della letteratura per esaminare il reale impatto di dolore e fatica sull'attività della muscolatura del cingolo scapolo-omerale.

**METODI:** ricerca sulle banche dati Pubmed e PEDro di studi pubblicati dal 2005 ad oggi. Criteri di inclusione ed analisi dei disegni sperimentali sono indicati in seguito.

**RISULTATI:** sono stati inclusi sette studi, che rappresentano in totale 435 soggetti. Dolore e fatica muscolare dimostrano un effetto significativo sulla risposta elettromiografica, sui pattern di coattivazione e sul timing di attivazione di diversi muscoli, attraverso meccanismi sia di tipo periferico, che centrale. Alcuni degli studi riportano comunque dei risultati contrastanti.

**CONCLUSIONI:** fatica e dolore causano differenze nell'attività elettromiografica di alcuni muscoli, in particolare nel trapezio superiore e nei muscoli della cuffia dei rotatori. Questo potrebbe portare ad alterazioni artrocinematiche e provocare lo sviluppo di patologie croniche (sindrome da impingement). Un intervento riabilitativo potrebbe essere finalizzato al rinforzo ed al miglioramento del controllo neuromuscolare di questi muscoli. Sono comunque necessari ulteriori studi che portino a risultati statisticamente significativi utilizzando campioni adeguatamente selezionati e misurazioni normalizzate secondo criteri standardizzati.

## **SOMMARIO**

1 – INTRODUZIONE.....	p. 4-5
2 - MATERIALI E METODI.....	p. 6-7
2.1 – STRATEGIA DI RICERCA	
2.2 – CRITERI DI INCLUSIONE	
2.3 – ANALISI QUALITATIVA DEGLI STUDI	
3 – RISULTATI.....	p. 8-14
2.1 – RISULTATI DELLA RICERCA	
2.2 – FATICA	
Caratteristiche degli studi	
Outcome ottenuti	
2.3 – DOLORE	
Caratteristiche degli studi	
Outcome ottenuti	
4 – DISCUSSIONE.....	p. 15-20
Risultati	
Analisi dei campioni inclusi e delle tecniche utilizzate	
Interpretazione dell’analisi elettromiografica	
Analisi statistica	
Pratica clinica	
5 – CONCLUSIONI.....	p. 21

## INTRODUZIONE

Il cingolo scapolo-omeroale è un complesso articolare formato da 3 articolazioni “vere”

- sterno-claveare
- acromion-claveare
- gleno-omeroale

e da un’articolazione “falsa”

- scapolo-toracica.

Durante qualsiasi movimento degli arti superiori queste articolazioni intervengono in modo più o meno importante, ma è sempre necessaria una loro perfetta sincronizzazione<sup>(1)</sup>. Altrettanto importante è la necessità di controllo neuromotorio da parte del sistema muscolare, soprattutto nel mantenimento delle fisiologiche sinergie di attivazione neuromuscolare<sup>(1)(3)</sup>.

Data la complessità del cingolo scapolo-omeroale, esistono diverse patologie muscoloscheletriche per le quali sono proposti diversi meccanismi eziologici.

In letteratura viene riportata, come causa principale delle patologie di spalla, un’alterazione della fisiologica biomeccanica articolare, spesso secondaria a deficit di controllo neuromuscolare, per quanto riguarda intensità (indicata come percentuale della massima attivazione volontaria) e timing (momento in cui il segnale EMG di un dato muscolo supera un valore fissato come soglia) di attivazione sinergica della muscolatura<sup>(1)(2)(4)</sup>.

La più comune problematica all’arto superiore nella popolazione lavorativa è la sindrome da impingement subacromiale, cioè la compressione della cuffia dei rotatori e della borsa subacromiale tra omero e arco coraco-acromiale. L’ipotesi eziologica della sindrome da impingement è l’attivazione muscolare non fisiologica, che provoca una eccessiva risalita della testa omeroale durante i movimenti overhead. Tale ipotesi è sostenuta in letteratura da numerosi studi effettuati in condizioni statiche. Szucs et al.<sup>(1)</sup> sostengono che la fatica muscolare può creare uno sbilanciamento temporaneo della forza muscolare che contribuisce ad alterare i pattern di attivazione e co-attivazione fisiologici. Per questo risulta molto importante l’azione del dentato anteriore, tra i principali muscoli che contribuiscono ai movimenti tridimensionali della scapola e alla stabilità scapolo-toracica. Ha anche un ruolo importante in diverse sinergie muscolari e un suo affaticamento potrebbe alterarle.

Stackhouse et al.<sup>(3)</sup> distinguono una fatica di tipo periferico, dovuta ad una temporanea carenza di risorse energetiche disponibili, da una fatica secondaria ad una mancanza di controllo centrale, con una ridotta capacità di attivazione volontaria. In particolare ritengono che un deficit di attivazione volontaria a livello centrale abbia come conseguenza un’impossibilità di reclutamento delle unità motorie ed una loro attivazione sinergica. In particolare rivestirebbe notevole importanza un deficit

dell'infraspinato, importante stabilizzatore della testa omerale durante le attività funzionali. Teyen et al.<sup>(2)</sup> suggeriscono l'utilità di un'indagine fluoroscopica digitale che permetta l'analisi dell'artrocinematica glomerale in condizioni di fatica della cuffia dei rotatori.

La cuffia dei rotatori ha infatti lo scopo di produrre una forza compressiva per stabilizzare la testa omerale nella fossa glenoidea, creando un fulcro stabile tra testa omerale e scapola ed impedendo la risalita dell'omero<sup>(5)</sup>.

Altri autori<sup>(4)(5)(6)</sup> indicano il dolore come causa di alterazioni dell'attivazione della muscolatura del cingolo-scapolo-omerale e, come conseguenza diretta, dell'artrocinematica articolare. Il dolore infatti influenza il controllo motorio tramite numerosi riflessi e meccanismi di origine centrale<sup>(7)</sup>. Sperimentalmente si è osservato che la presenza di una sofferenza muscolare provoca una riduzione dell'attivazione del muscolo dolente. Diversi studi effettuati a questo proposito riguardano gli effetti del dolore sul muscolo trapezio superiore, documentato come frequente sede di dolore e riportano una maggiore reattività al dolore della parte craniale del muscolo (soglia di attivazione più alta) e, di conseguenza, una riduzione dell'ampiezza del segnale EMG maggiore rispetto alle fibre caudali.

Un quadro molto frequente di dolore muscolare è quello presente nella sindrome fibromialgica, caratterizzata da dolore diffuso e allodinia con eziologia sconosciuta. Molti pazienti con fibromialgia hanno tender points a livello del trapezio, mostrano alterazioni mitocondriali nelle fibre di tipo I ed ipotrofia delle fibre di tipo II, ridotta capillarizzazione ed alterato microcircolo. Presentano alti livelli di fatica muscolare, secondari ad una costante attività contrattile e ad una variazione dell'attivazione di alcuni muscoli (iperattivazione della parte craniale del trapezio superiore). Per questo motivo Gerdle et al.<sup>(6)</sup> ipotizzano l'esistenza di differenze di controllo neuromuscolare in pazienti con sindrome fibromialgica rispetto a controlli asintomatici.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di analizzare le notizie presenti in letteratura per analizzare l'effetto che la fatica e il dolore hanno sull'attivazione muscolare del cingolo e, di conseguenza, sulla sua artrocinematica. Inoltre verranno ricercate eventuali differenze tra attività muscolare in condizioni di dolore cronico e dolore indotto sperimentalmente.

## MATERIALI E METODI

### STRATEGIA DI RICERCA:

Sono stati ricercate tutte le pubblicazioni presenti ad oggi in letteratura utilizzando le banche dati PubMed e PEDro.

Le stringhe di ricerca utilizzate e il relativo numero di voci ottenute sono riportate nella tabella 1.

### CRITERI DI INCLUSIONE:

Sono stati considerati tutti gli articoli pubblicati in lingua inglese dal 2005 ad oggi, che valutano l'attività della muscolatura del cingolo scapolo-omerale in condizioni di fatica o di dolore.

Sono stati esclusi i case report e gli articoli in cui i partecipanti al disegno sperimentale presentano traumi, lesioni ossee o ai tessuti molli, instabilità o patologie ad altri distretti corporei (es. whiplash o scoliosi), mentre sono stati inclusi nella revisione gli articoli che trattano gli effetti sia del dolore cronico, che del dolore indotto artificialmente, a scopo sperimentale.

STRINGA DI RICERCA	N° ITEMS
1 - "shoulder" and "muscular activation" and "fatigue"	30
2 - "shoulder" and "muscular activation" and "pain"	74
3 - "1" and "2"	9
4 - "shoulder kinematics" and "muscular activation" and "pain"	10
5 - "shoulder kinematics" and "muscular activation" and "fatigue"	12
6 - "4" and "5"	3

### ANALISI QUALITATIVA DEGLI STUDI:

E' stata effettuata un'analisi della qualità metodologica degli studi inclusi nella revisione basata sulle scale valutative del Critical Appraisal Skills Programme (CASP) per studi di coorte<sup>(8)</sup>, studi caso-controllo<sup>(9)</sup> e revisioni sistematiche<sup>(10)</sup>, raccomandate dalla Public Health Resources Unit (vedi allegato 1).

Nel caso in cui non fosse stato possibile ricavare dagli articoli le risposte agli items proposti, è stato dato punteggio nullo al relativo criterio di valutazione.

I punteggi ottenuti sono rappresentati nella tabella 2.

Tab. 2: analisi qualitativa degli studi inclusi nella revisione

STUDI DI COORTE	
Szucs, Navalgund, Borstad <sup>(1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5/12</li> <li>- registrati alti livelli di fatica muscolare; aumento inaspettato dell'attività del trapezio superiore</li> <li>- intervallo di confidenza: 95%</li> </ul>
Teyhen, Miller, Middag, Kane <sup>(2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6/12</li> <li>- notevole caduta della forza della cuffia dei rotatori, significativa risalita della testa omerale</li> <li>- intervallo di confidenza: 99%</li> </ul>
Stackhouse, Stapleton, Wagner, McClure <sup>(3)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7/12</li> <li>- importante riduzione dell'attivazione volontaria dell'infraspinato</li> <li>- intervallo di confidenza per riduzione della forza: 99% non viene indicato per riduzione dell'attivazione volontaria</li> </ul>
Falla, Arendt-Nielsen, Farina <sup>(7)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8/12</li> <li>- diminuzione dell'attività della porzione craniale del trapezio superiore senza differenze relative alla sede dello stimolo nocicettivo</li> <li>- intervallo di confidenza: 95%</li> </ul>
Diederichsen, Winther, Dyrhe-Poulsen, Krogsgaard, Nørregaard <sup>(8)</sup>	
STUDI CASO-CONTROLLO	
Myers , Hwang, Pasquale, Blackburn , Lephart <sup>(5)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7/9</li> <li>- aumento dell'attività del deltoide medio; ridotto segnale EMG della cuffia dei rotatori</li> <li>- intervallo di confidenza: 95%</li> </ul>
Gerdle, Grönlund, Karlsson, Holtermann, Roeleveld <sup>(6)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5/9</li> <li>- riduzione della frequenza mediana di attivazione; riduzione della capacità di attivazione differenziale nel trapezio superiore</li> <li>- intervallo di confidenza: 95%</li> </ul>
REVISIONI SISTEMATICHE	
Chester, Smith, Hooper, Dixon <sup>(4)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5/8</li> <li>- valori espressi tramite media e deviazione standard</li> <li>- intervallo di confidenza: 95%</li> </ul>

## RISULTATI

### RISULTATI DELLA RICERCA:

Da una prima ricerca sono stati ottenuti 138 risultati. Sono stati quindi eliminati gli articoli ritrovati in 2 o più ricerche (91 items) e di limitare i risultati alle pubblicazioni avvenute negli ultimi 5 anni (28 articoli).

In base ai criteri di inclusione stabiliti sono stati infine scelti 3 articoli che trattano l'impatto della fatica e 4 riguardanti gli effetti del dolore sull'attivazione muscolare del cingolo scapolo-omeroale. Di questi quattro articoli, 3 considerano sintomatologie dolorose di tipo cronico (impingement subacromiale e fibromialgia) ed uno tratta il dolore indotto sperimentalmente.

### FATICA:

#### - Caratteristiche degli studi:

I tre articoli riguardanti la fatica rappresentano studi di coorte con test/retest effettuati su soggetti sani, utilizzano campioni molto simili tra loro per età, ma osservano il comportamento di diversi muscoli in condizioni di fatica:

- dentato anteriore, trapezio superiore ed inferiore <sup>(1)</sup>;
- sovraspinato, infraspinato, piccolo rotondo <sup>(2)</sup>;
- infraspinato <sup>(3)</sup>.

Questo non permette di avere dei dati comparabili relativi alla risposta muscolare del cingolo scapolo-omeroale, anche se è possibile ottenere un quadro più generale dell'attività muscolare in condizioni di affaticamento.

Uno studio vuole analizzare le alterazioni dei pattern di attivazione sinergica della muscolatura a livello scapolo-omeroale conseguenti ad un affaticamento del dentato anteriore, durante i movimenti di elevazione e ritorno alla posizione anatomica <sup>(1)</sup>. Teyhen et al. <sup>(2)</sup> Propongono di studiare gli effetti della fatica sul movimento di risalita della testa omerale durante una elevazione concentrica dell'arto superiore e valutare l'affidabilità dell'indagine fluoroscopica come strumento di misurazione della migrazione della testa omerale.

Un articolo considera, invece, l'attivazione volontaria come variabile importante in condizioni di fatica muscolare e, tramite un protocollo affaticante, valuta una diminuzione di questo parametro nel muscolo infraspinato in condizioni isometriche <sup>(3)</sup>.

Le caratteristiche degli studi sono presentate nell'allegato 2.

In totale sono stati inclusi nella revisione 68 partecipanti. In due studi i partecipanti sono volontari <sup>(1)(3)</sup>, il terzo non indica il criterio utilizzato per la scelta del campione <sup>(2)</sup>. Tutti i soggetti sono asintomatici e hanno anamnesi negativa per patologie, disturbi, traumi o eventi chirurgici a

spalle, rachide cervicale ed arti superiori. In tutti gli studi viene usato un questionario di screening per stabilire i soggetti da includere nello studio; in due studi<sup>(2)(3)</sup> viene anche eseguito un esame fisico, anche se non viene indicata la specializzazione dell'esaminatore. I criteri di inclusione utilizzati durante l'esame fisico sono indicati nella tabella 3.

Tab. 3: criteri di inclusione dei partecipanti agli studi	
Teyhen et al. <sup>(2)</sup>	Stackhouse et al. <sup>(3)</sup>
Negatività a screening fisico per evidenziare la presenza di lesioni di cuffia:	Criteri di esclusione di Bang e Deyle:
1. arco doloroso	Anamnesi negativa per:
2. drop-arm test	1. dolore alla spalla
3. debolezza in extra-rotazione ad un test manuale resistito	2. precedente diagnosi di sindrome da impingement
e sindrome da impingement:	3. storia di pregresse lussazioni, sublussazioni o fratture
1. Hawkins test	4. radicolite o radicolopatia cervicale
2. Neer test	5. pregressa chirurgia di spalla, tratto cervicale o rachide superiore
3. presenza di arco doloroso	6. trattamenti fisioterapici o chiropratici per problemi cervicali, di spalla o rachide superiore svolti negli ultimi 12 mesi
4. nessuna storia di dolore al dermatomero C5-C6	
	Positività all'esame fisico di:
	1. Hawkins-Kennedy test per impingement
	2. Neer test
	3. dolore all'abduzione attiva di spalla
	4. Spurling test
	5. distraction test
	6. dolore all'abduzione resistita
	7. dolore alla rotazione interna assistita
	8. dolore alla rotazione esterna assistita

Due studi utilizzano EMG di superficie<sup>(1)(3)</sup>, mentre Teyhen et al.<sup>(2)</sup> usano una rilevazione dinamometrica della forza ed una apparecchiatura fluoroscopica per osservare la mobilità della testa omerale. Szucs et al.<sup>(1)</sup> utilizzano inoltre un sistema elettromagnetico di motion capture per registrare la cinematica tridimensionale di torace, scapola ed omero. Stackhouse et al.<sup>(3)</sup> tramite l'elettrostimolazione del muscolo infraspinato ne determinano l'attivazione volontaria.

In nessuno studio viene controllata la riproducibilità delle misurazioni EMG, mentre vengono riportati dati di riproducibilità di .92 e .95 per operatori inesperti ed esperti per quanto riguarda la rilevazione dinamometrica<sup>(2)</sup>. Nessuno dei 3 studi valuta la riproducibilità dell'intero protocollo

sperimentale. Stackhouse et al.<sup>(3)</sup>, dopo una prima sessione in cui viene valutata la massima attivazione volontaria del muscolo infraspinato in tutti i 20 partecipanti, sottopone solo 8 di questi (4 M, 4 F) al protocollo sperimentale, senza illustrare i criteri di campionamento.

Szucs et al.<sup>(1)</sup> stabiliscono, come valore soglia per definire lo stato di fatica muscolare (non esistendo linee guida in letteratura a riguardo), una diminuzione dell'8% della median power frequency (MPF), mentre Teyhen et al.<sup>(2)</sup> utilizzano, come indice di fatica della cuffia dei rotatori, una riduzione del 40% del valore della forza rispetto a quella erogata in condizioni di riposo.

- Outcome ottenuti:

I tre studi analizzati<sup>(1)(2)(3)</sup> dimostrano una diminuzione della forza dei muscoli testati durante il protocollo sperimentale.

Szucs et al.<sup>(1)</sup> osservano una riduzione della median power frequency del dentato anteriore (27,2%), trapezio superiore (14,6%) e trapezio inferiore (29,0%) molto maggiori rispetto al valore dell'8% stabilito come soglia di fatica.

Teyhen et al.<sup>(2)</sup> hanno misurato una riduzione media della forza in abduzione orizzontale da prono del 54,0% (SD +- 8,8%).

Infine Stackhouse et al.<sup>(3)</sup> registrano una diminuzione della massima forza isometrica in rotazione esterna del 46%, passando da un valore medio di 161,6 N (SD +- 49,1) della prima ripetizione, a 87,6 N (SD +- 19,9) della venticinquesima ( $t=5,70$ ;  $P=0.0007$ ). Oltre a questo dato si osserva una notevole diminuzione dell'attivazione volontaria che, partendo da un valore di 0,95 (SD +- 0.07) in condizioni di riposo (molto vicino al valore massimale di 1,0 ottenibile con una elettrostimolazione esterna), si riduce a 0,51 (SD +- 0,21) dopo l'applicazione del protocollo di lavoro ( $t=6,34$ ;  $P=0,0004$ ).

Uno studio<sup>(1)</sup> registra un aumento statisticamente significativo ( $P<0,05$ ) dell'attivazione del trapezio superiore a 60°, 90°, 120° sia durante l'elevazione, che nel ritorno alla posizione anatomica., con un aumento medio di attivazione superiore al 10% durante la fase concentrica del movimento. La fatica ha un effetto statisticamente non significativo sull'attività di dentato anteriore e trapezio inferiore. La fatica muscolare ha un effetto statisticamente significativo ( $P<0,05$ ) sul rapporto di attivazione tra dentato anteriore e trapezio inferiore, indicando una diminuzione del valore di tale rapporto conseguentemente al protocollo sperimentale.

Teyhen et al.<sup>(2)</sup> Forniscono anche dati riguardanti la cinematica della testa omerale e riportano variazioni statisticamente non significative ( $P=0,11$ ) tra angolo di elevazione, fatica muscolare e migrazione della testa omerale. Tuttavia lo spostamento in direzione craniale presenta differenze significative ( $P<0,001$ ) rispetto alla condizione di riposo, con una differenza media di 0,79 mm.

## DOLORE

### - Caratteristiche degli studi:

Sono stati inseriti nella revisione 2 studi osservazionali caso-controllo<sup>(5)(6)</sup>, uno studio di coorte con test/retest<sup>(7)</sup> ed una revisione sistematica<sup>(4)</sup> di studi osservazionali caso-controllo pubblicati su banche dati online.

Chester et al.<sup>(4)</sup> si propongono di esaminare le differenze esistenti nell'attività EMG del cingolo scapolo-omerale tra pazienti con sindrome da impingement subacromiale (SIS) e controlli sani, mediante una revisione sistematica della letteratura. Uno studio<sup>(5)</sup> ha lo scopo di determinare la presenza di pattern anormali di coattivazione<sup>(\*)</sup> della cuffia dei rotatori e di attivazione del deltoide in pazienti con diagnosi di SIS. Un altro studio<sup>(6)</sup> mette a confronto pazienti fibromialgici e controlli sani per investigare le differenze esistenti nel controllo muscolare e nell'attivazione volontaria del muscolo trapezio. Uno studio<sup>(7)</sup>, infine, non si occupa di dolore cronico, ma prevede la somministrazione di soluzioni saline ipertoniche con lo scopo di indurre sperimentalmente dolore ed analizzare gli effetti che questo sintomo ha sulla muscolatura del cingolo.

Gli studi presentano disegni sperimentali diversi tra loro e ricercano outcome differenti; non è quindi possibile comparare i risultati ottenuti. Tuttavia è possibile rilevare le differenze esistenti nell'attività muscolare tra condizioni patologiche croniche (SIS e fibromialgia), sintomatologia acuta indotta sperimentalmente e attività fisiologica in assenza di dolore.

Le caratteristiche degli studi inclusi nella revisione sono descritte nell'allegato 3.

Il numero totale dei partecipanti è di 367 soggetti, di cui 279 rappresentano i partecipanti dei 9 studi inclusi nella revisione da Chester et al.<sup>(4)</sup>. Gli studi inclusi in quest'ultima pubblicazione hanno strategie di reclutamento diverse e non sempre specificate. Uno studio<sup>(5)</sup> utilizza volontari sia per il gruppo di pazienti con diagnosi di sindrome da impingement che per il gruppo di controllo. Gerdle et al.<sup>(6)</sup> non forniscono indicazioni riguardo alla strategia di reclutamento dei soggetti con fibromialgia. Infine Falla et al.<sup>(7)</sup> non specificano la metodologia di reclutamento. I soggetti inclusi nei gruppi di controllo ed i partecipanti allo studio di Falla et al.<sup>(7)</sup> sono asintomatici e riportano dati anamnestici negativi per dolori, traumi, interventi chirurgici e patologie di spalla.

Non vengono comunque sottoposti ad alcun esame fisico. I pazienti fibromialgici<sup>(6)</sup> (n=29) sono valutati tramite i criteri ACR (1990) per la classificazione della fibromialgia. I soggetti con diagnosi

(\*): Rudolph et al.

Coattivazione: simultanea attivazione di 2 muscoli, calcolata secondo l'equazione seguente

$(EMG_{low}/EMG_{high}) \times (EMG_{low} + EMG_{high})$

EMG<sub>low</sub> rappresenta l'attivazione media del muscolo meno attivo e EMG<sub>high</sub> quella del muscolo più attivo.

Alti valori di coattivazione indicano un elevato livello di attivazione di entrambi i muscoli; bassi valori di coattivazione, invece, possono indicare modesta attivazione dei due muscoli esaminati, oppure alti livelli di attivazione di un muscolo associati a scarsa attivazione dell'altro.

di sindrome da impingement (n=151) vengono inclusi in base alla positività ai test per impingement e come criterio di esclusione comune a tutti gli studi viene utilizzata la presenza di lesioni alla cuffia dei rotatori e pregressi interventi chirurgici alla spalla. Otto studi<sup>(4)(6)(7)</sup> utilizzano EMG di superficie, uno<sup>(4)</sup> EMG intramuscolare, mentre Myers et al.<sup>(5)</sup> usano entrambi. Gerdle et al.<sup>(6)</sup> valutano inoltre lo spessore del trapezio e dei tessuti molli tramite un'apparecchiatura ad ultrasuoni. Solo tre studi<sup>(4)</sup> valutano la riproducibilità della misurazione EMG, mentre in nessuno studio viene valutata la riproducibilità dell'intero protocollo sperimentale. Non vi sono indicazioni riguardanti l'assegnazione in cieco dei ricercatori ai gruppi sperimentali. Falla et al.<sup>(7)</sup> sottopongono i partecipanti alle due sessioni del protocollo sperimentale in modo randomizzato, così come casuale è la somministrazione della soluzione salina ipertonica in sede craniale o caudale del trapezio superiore. In tre studi<sup>(4)(6)</sup> alcuni partecipanti non sono in grado di portare a termine l'intero protocollo di lavoro.

- Outcome ottenuti:

Nello studio presentato da Gerdle et al.<sup>(6)</sup> tutti i controlli sani concludono l'intero protocollo. Nel gruppo con fibromialgia 2 (6,9%), 2 (6,9%), 4 (13,8%) e 8 (27,6%) partecipanti non sono in grado di concludere il protocollo sperimentale con carico di 0, 1, 2, 4 kg rispettivamente e non sono inseriti nell'analisi statistica.

Quattro studi<sup>(4)(5)</sup> valutano l'attività EMG del muscolo sovraspinato utilizzando pesi o apparecchiatura isocinetica per sviluppare momenti compresi tra il 20% ed il 35% della massima contrazione volontaria, durante il movimento di elevazione sul piano scapolare ed abduzione isometrica a 45° e 90°. Nessuno di questi riporta differenze statisticamente significative tra i gruppi sottoposti al protocollo.

5 studi<sup>(4)(5)</sup> confrontano l'attivazione del muscolo infraspinato, ma solo in uno di questi viene registrata una diminuzione significativa ( $p < 0,05$ ) dell'attività di tale muscolo tra 30°-60° di elevazione. Gli stessi studi misurano inoltre i valori EMG del deltoide medio, riportando risultati differenti: in uno studio si ha riduzione significativa ( $p < 0,05$ ) dell'attività del deltoide tra 60°-90° di elevazione, un altro studio riporta una diminuzione ( $p = 0,042$ ) del segnale EMG nel gruppo con sindrome da impingement durante una rotazione esterna al 70% della massima contrazione volontaria, mentre Myers et al.<sup>(5)</sup> hanno invece riscontrato un'attivazione maggiore ( $p = 0,038$ ) del muscolo deltoide medio all'inizio dell'elevazione (0°-30°).

Due studi<sup>(4)(5)</sup> utilizzano EMG intramuscolare per studiare il comportamento del sottoscapolare durante l'elevazione sul piano scapolare. Uno studio riporta una diminuzione significativa ( $p < 0,05$ ) dell'attività del sottoscapolare tra 30°-60° del movimento testato.

Quattro articoli<sup>(4)</sup> studiano l'attività del dentato anteriore durante il movimento concentrico/eccentrico in elevazione sul piano scapolare, abduzione isometrica a 90°, senza carico aggiuntivo o utilizzando pesi ed apparecchiatura isocinetica per sviluppare momenti compresi tra 20% e 35% della massima contrazione volontaria; in uno studio vengono osservati i trasferimenti dalla carrozzina. Tre studi non riportano differenze significative, mentre uno indica la tendenza ad una minore attivazione del muscolo, che non raggiunge livelli di significatività.

Sette studi<sup>(4)(6)(7)</sup>, tramite l'utilizzo di EMG di superficie, valutano la risposta del muscolo trapezio superiore che mostra un'attivazione significativamente maggiore per elevazione >90° con carico di 4,6 kg ( $p<0,05$ ), durante l'abduzione isocinetica ( $p<0,001$ ) e la rotazione esterna ( $p<0,001$ ). Gerdle et al.<sup>(6)</sup> registrano, invece, un'attivazione significativamente minore ( $p<0,001$ ) nei pazienti con diagnosi di fibromialgia rispetto ai controlli sani. Inoltre osservano che la frequenza mediana di attivazione differenziale nelle condizioni di carico inferiore (0 e 1 kg) è significativamente minore nei pazienti con fibromialgia ( $p<0,04$ ), mentre è aumentata significativamente la durata dell'attivazione differenziale ( $p<0,03$ ). Non ci sono differenze significative nelle condizioni di carico maggiore (2 e 4 kg). Nel gruppo di controllo l'attivazione differenziale in direzione cranio-caudale è maggiore rispetto al gruppo fibromialgia. La frequenza mediana dell'attivazione differenziale tra zona craniale e parte caudale del trapezio è maggiore nel gruppo controllo. I pazienti con fibromialgia presentano quindi livelli di attivazione maggiori della zona più caudale del trapezio superiore. Falla et al.<sup>(7)</sup> analizzano quello che si verifica in condizioni di dolore acuto, successivamente ad iniezione di soluzione salina ipertonica, ed i risultati da loro ottenuti indicano una riduzione statisticamente significativa dell'attività del trapezio superiore sia dopo la sessione in cui vengono somministrate le due iniezioni simultanee ( $p<0,05$  rispetto ad iniezione singola ed iniezione di soluzione isotonica), sia dopo iniezione singola, craniale o caudale, rispetto alla condizione basale e dopo iniezione di soluzione isotonica ( $p<0,001$  e  $p<0,01$  rispettivamente). Come osservato da Gerdle et al.<sup>(6)</sup>, in condizioni di dolore acuto si ha un'attivazione significativamente minore della parte craniale del trapezio superiore durante i 60" di contrazione isometrica ( $p<0,0001$ ), ma con tendenza all'aumento durante il mantenimento della contrazione indipendentemente dalla localizzazione dell'iniezione di soluzione ipertonica (in condizioni basali il valore quadratico medio resta costante;  $p<0,0001$  rispetto a condizione basale;  $p<0,05$  rispetto ad iniezione di soluzione isotonica).

Tre articoli<sup>(4)</sup> valutano l'attività del trapezio medio durante abduzione ed extrarotazione isocinetica, ritorno dall'elevazione sul piano scapolare ed abduzione isometrica a 45°, ma solo uno di questi misura una diminuzione statisticamente significativa del segnale EMG durante la rotazione esterna isocinetica ( $p<0,01$ ).

5 studi<sup>(4)</sup> osservano l'attività del trapezio inferiore in abduzione ed extrarotazione isocinetica, elevazione sul piano scapolare e ritorno con e senza carico aggiuntivo, abduzione isometrica a 90° e trasferimenti dalla carrozzina. Uno studio riporta attività EMG ridotta ( $p=0,003$ ) in abduzione isocinetica ed un altro un aumento significativo dell'EMG tra 61°-90° e >90° di elevazione concentrica con tutti i carichi utilizzati

Uno studio<sup>(4)</sup> riporta un aumento significativo ( $p=0,05$ ) dell'attività del gran dorsale al 20% del MVC tra 45°-60° di abduzione concentrica.

Non sono riscontrate differenze significative nell'attività EMG di deltoide anteriore (due studi<sup>(4)</sup>), deltoide posteriore (uno studio<sup>(4)</sup>), piccolo rotondo (uno studio<sup>(4)</sup>) e bicipite brachiale (uno studio<sup>(4)</sup>), mentre non vi sono articoli che analizzino le risposte di romboidi e gran pettorale.

Myers et al.<sup>(5)</sup>, oltre all'attivazione muscolare, valuta anche i rapporti di coattivazione ed osserva valori di coattivazione minori nel gruppo di pazienti con impingement per quanto riguarda i rapporti:

- sovraspinato/infraspinato e sovraspinato/sottoscapolare ( $p=0,012$  e  $p=0,018$  rispettivamente) tra 0°-30° di elevazione;
- sovraspinato/infraspinato ( $p=0,011$ ) tra 30°-60° di elevazione.

Tra 90°-120° si verifica invece un aumento statisticamente significativo dei rapporti di coattivazione di:

- sottoscapolare/infraspinato ( $p=0,033$ );
- sovraspinato/infraspinato ( $p=0,022$ ).

Tre degli studi inseriti nella revisione di Chester et al.<sup>(4)</sup> misurano anche il timing di attivazione della muscolatura del cingolo scapolo-omerale; due durante l'elevazione bilaterale ed uno come reazione al rilascio del braccio da un supporto passivo. Non si registrano differenze significative per quanto riguarda i muscoli trapezio superiore, dentato anteriore e deltoide medio. Uno studio dimostra un ritardo significativo ( $p<0,01$ ) nell'attivazione del trapezio medio e altri due studi osservano ritardi statisticamente significativi ( $p<0,01$ ) nel segnale EMG del trapezio inferiore nei pazienti sintomatici. Un articolo registra, inoltre, un ritardo di attivazione del trapezio inferiore e medio rispetto al deltoide medio, nel gruppo con impingement confrontato con i controlli sani.

## **DISCUSSIONE:**

### **- Risultati:**

La fatica dimostra avere un forte impatto sulla capacità di erogare forza in tutti i muscoli studiati. Szucs et al.<sup>(1)</sup> hanno osservato livelli di fatica molto maggiori rispetto al valore soglia fissato a 8% (valore probabilmente troppo basso per un disegno sperimentale che richiede un impegno di più del 70% della massima contrazione isometrica volontaria del dentato anteriore), mentre Teyhen et al.<sup>(2)</sup> misurano una diminuzione maggiore al 50% della forza erogata da sovraspinato, infraspinato e piccolo rotondo in abduzione orizzontale da prono; importante è anche la diminuzione della capacità, a livello centrale, di attivare volontariamente la muscolatura in condizioni di fatica. Infatti, nonostante l'incoraggiamento verbale ed il feedback visivo utilizzati nello svolgimento del protocollo, si è registrata una caduta della massima attivazione volontaria da 0,95 a 0,51<sup>(3)</sup>. Precedenti studi condotti su muscoli differenti avevano determinato diminuzioni molto inferiori. Si può ipotizzare che il movimento proposto di extrarotazione isolata, non essendo un movimento funzionale abituale, abbia un controllo centrale più difficoltoso, che esita in una riduzione maggiore dell'attivazione volontaria.

Un dato interessante che viene riscontrato è l'aumento di attivazione media del trapezio superiore, significativamente maggiore in condizioni di fatica<sup>(1)</sup>. Questo dato potrebbe rappresentare un tentativo di compensare la fatica insorta negli altri muscoli, ad esempio mantenendo la scapola in posizione di upward rotation (agendo in modo indiretto sull'elevazione della porzione distale della clavicola) soprattutto oltre i 60° di elevazione. Ulteriori studi potrebbero quindi porre come obiettivo anche la misurazione della cinematica della clavicola e dell'articolazione acromioncalveare e cercare di determinare se una maggiore attivazione è sintomo di fatica, o se si traduce, al contrario, in un meccanismo di compenso.

Nello studio condotto da Teyhen et al.<sup>(2)</sup> si osserva una risalita della testa omerale in media di 0,79 mm, che corrisponde ad una diminuzione dello spazio subacromiale compresa tra 6% e 40%. Questo sembra confermare i risultati di numerosi studi in cui si dimostrava il ruolo stabilizzatore della cuffia dei rotatori sulla testa omerale, sia in condizioni statiche che dinamiche. Una diminuzione così importante della forza della cuffia dovuta alla fatica renderebbe meno efficace l'opposizione alla trazione in direzione craniale esercitata dal deltoide. Vi è comunque la necessità di ulteriori studi che verifichino la significatività della riduzione dello spazio subacromiale dal punto di vista clinico.

Szucs et al.<sup>(1)</sup> osservano inoltre differenze significative nel rapporto di coattivazione tra dentato anteriore/trapezio inferiore durante il ritorno dall'elevazione, secondario al notevole aumento dell'attivazione media del trapezio inferiore. Questo dato potrebbe suggerire delle modifiche del

movimento di rotazione interna della scapola nel ritorno dall'elevazione ed indicare la fatica come causa di modifiche nelle strategie di controllo dell'articolazione scapolotoracica.

I risultati ottenuti dagli studi che trattano l'attivazione muscolare in presenza di dolore sono contrastanti.

Non emergono differenze significative per quanto riguarda la percentuale di massima contrazione volontaria per i muscoli piccolo rotondo, bicipite brachiale, dentato anteriore, deltoide anteriore e posteriore<sup>(4)</sup>.

Risultati contrastanti riguardano l'impatto su sovraspinato, infraspinato, sottoscapolare, trapezio superiore, medio ed inferiore, deltoide medio e gran dorsale, che mostrano alterazioni nella loro attivazione solo dopo alcuni task di fatica<sup>(4)(5)(6)(7)</sup>.

Due studi di qualità elevata rilevano un aumento dell'attività del trapezio superiore, dato non osservato in tre studi di qualità inferiore<sup>(4)</sup>.

Gerdle et al.<sup>(5)</sup> hanno riscontrato una diminuzione dell'attivazione del trapezio superiore. Il risultato più importante, però, è la minore frequenza mediana di attivazione e la maggiore durata delle attivazioni differenziali dei pazienti con fibromialgia rispetto ai controlli sani. I soggetti sani sembrano avere la capacità di utilizzare la ridondanza di unità motorie più frequentemente rispetto ad individui sintomatici, modulando l'attività muscolare e prevenendo l'accumulo di fatica locale e lo sforzo eccessivo a carico delle fibre muscolari. E' stato infatti osservato che i soggetti che hanno una maggiore variabilità spaziale dell'attivazione intramuscolare, sono in grado di mantenere per un tempo maggiore una contrazione isometrica. Al contrario, in condizioni di dolore cronico, si ritiene che si instauri un circolo vizioso tra dolore ed iperattivazione muscolare. La maggior durata dell'attivazione differenziale del trapezio potrebbe tradursi in un meccanismo di controllo muscolare associato all'aumentato rischio di sintomi muscoloscheletrici acuti e cronici, ma causare un più rapido esaurimento di alcune parti del muscolo.

Una riduzione dell'attività del trapezio superiore è osservata anche da Falla et al.<sup>(7)</sup>, in condizioni di dolore acuto. La diminuzione più significativa riguarda la porzione craniale ed è presente anche quando la stimolazione nocicettiva avviene nella parte caudale del muscolo, suggerendo l'esistenza di un unico pattern inibitorio dell'attività muscolare.

Il carico utilizzato nel protocollo corrisponde al 15%-20% del massimo carico sostenibile dal trapezio; ne consegue che solo le fibre di tipo I intervengono nello svolgimento di questo lavoro. E' stato dimostrato che le fibre di questo tipo presenti nella parte caudale del trapezio hanno una frequenza di scarica maggiore ad una data forza e vengono reclutate per livelli di forza più bassi di quelle craniali. Il risultato dello studio potrebbe suggerire che il meccanismo centrale di inibizione

porti ad un dereclutamento seguendo un ordine inverso rispetto al reclutamento, interessando quindi in primo luogo le fibre della porzione craniale.

Myers et al.<sup>(5)</sup>, invece, mostrano un aumento dell'attività del deltoide medio all'inizio dell'elevazione ed una corrispondente diminuzione dei rapporti di coattivazione di sottoscapolare/infraspinato, sovraspinato/infraspinato e sottoscapolare/sovraspinato. In questa fase del movimento il muscolo deltoide ha la massima componente efficace sulla migrazione in direzione craniale della testa omerale, mentre l'attivazione della cuffia dei rotatori dovrebbe mantenere la corretta centratura della testa. L'alterazione dei valori di attivazione muscolare registrati durante il protocollo sperimentale potrebbe rappresentare un problema clinico per i soggetti affetti da sindrome da impingement, provocando la risalita della testa omerale. L'effettiva risalita della testa omerale non è comunque stata misurata durante lo studio.

Le misurazioni effettuate tra 60°-120° (zona dell'arco doloroso) mostrano un aumento dei rapporti di coattivazione tra sottoscapolare/infraspinato e sovraspinato/infraspinato che potrebbe, invece, rappresentare un tentativo per limitare la traslazione craniale della testa omerale in questo arco di movimento.

E' stato osservato un ritardo significativo del segnale EMG del trapezio inferiore durante l'elevazione sul piano scapolare e nella reazione al rilascio da un supporto passivo. E' stato anche misurato un ritardo nell'attivazione di trapezio superiore e dentato anteriore rispetto al deltoide durante il test di reazione<sup>(4)</sup>.

L'apparecchiatura fluoroscopica utilizzata da Teyhen et al.<sup>(2)</sup> mostra di avere una riproducibilità intraesaminatore da buona ad ottima (indice di correlazione intraclassi da 0,77 a 0,92), con valore massimo a braccio a 0° e minimo a 135° di elevazione, dove l'immagine fluoroscopica risulta meno chiara a causa della sovrapposizione di diverse strutture. L'errore standard è sovrapponibile a quello ottenuto utilizzando Rx statiche ad alta definizione. Tuttavia l'errore standard risulta essere relativamente alto se paragonato alle differenze trovate tra la situazione a riposo e quella dopo lo svolgimento del protocollo. Infatti non è possibile stabilire con intervallo di confidenza al 95% che le differenze riscontrate non siano solo errori di misurazione.

#### - Analisi dei campioni inclusi e delle tecniche utilizzate:

I risultati ottenuti potrebbero essere influenzati dalle differenze demografiche dei campioni utilizzati nei diversi studi. Tutti gli studi relativi alle alterazioni indotte dalla fatica<sup>(1)(2)(3)</sup> reclutano soggetti giovani e sani, così come avviene nel lavoro di Falla et al.<sup>(7)</sup>. Teyhen et al.<sup>(2)</sup> e Falla et al.<sup>(7)</sup> includono nei loro studi solo soggetti di sesso maschile, mentre Gerdle et al.<sup>(6)</sup> solo di sesso femminile. Altri autori<sup>(4)(5)(6)</sup> limitano il campionamento ad un solo tipo di patologia. A questo si

può aggiungere che non sempre i metodi di campionamento sono esposti in modo esaustivo, né adeguatamente giustificati; i criteri di inclusione ed esclusione variano tra gli studi. Infine solo Teyhen et al.<sup>(2)</sup> si occupano di calcolare la riproducibilità delle misurazioni, ma solo per quanto riguarda la raccolta dei dati dall'analisi fluoroscopica. In questo modo in nessuno studio viene accertato il possibile bias dovuto all'esaminatore.

In tutti i lavori inseriti nella revisione si utilizzano protocolli di lavoro differenti che considerano diversi movimenti, diversi tipi di contrazione muscolare, a velocità non omogenee e non sempre con l'adeguato controllo. Estendere i dati all'intera popolazione è quindi impossibile.

Nel disegno sperimentale proposto da Szucs et al.<sup>(1)</sup> ci si aspettava un coinvolgimento solo del dentato anteriore. L'accumulo di fatica osservato nel muscolo trapezio, giustificato come dimostrazione della natura sinergica e ridondante dell'attività muscolare del cingolo scapolo-omerale, non permette di trarre conclusioni riguardanti i cambiamenti che avvengono direttamente a causa della fatica del muscolo dentato anteriore.

L'attrezzatura fluoroscopica utilizzata in uno studio<sup>(2)</sup> permette un'analisi cinematica in 2-D, assumendo che la migrazione superiore della testa omerale comporti una riduzione dello spazio subacromiale. L'utilizzo di analisi in 3-D (ad es. con fluoroscopia biplanare) potrebbe risolvere questo limite.

La tecnica utilizzata da Stackhouse et al.<sup>(3)</sup> non permette di distinguere se le differenze osservate siano dovute a ridotto reclutamento o ad alterazione della frequenza di scarica, meccanismi che possono entrambi influire sulla diminuzione dell'attivazione volontaria.

#### - Interpretazione dell'analisi elettromiografica:

La misurazione del segnale EMG dei muscoli testati nei diversi studi potrebbe essere influenzata da diversi bias. Un primo problema potrebbe essere rappresentato dalla difficoltà di isolare correttamente il segnale EMG del muscolo che si vuole esaminare. Alcuni studi utilizzano EMG intramuscolari, altri EMG di superficie o rilevazioni dinamometriche della forza, ma solo tre protocolli sperimentali<sup>(4)</sup> valutano la riproducibilità delle misure, che dipende dall'equipaggiamento e dalle tecniche utilizzate, e dall'esperienza degli esaminatori.

Un'altra fonte di bias sistematici potrebbe derivare dal confronto dei risultati ottenuti nei diversi studi. Questa operazione richiede la normalizzazione dei segnali EMG ottenuti. Il metodo più utilizzato è quello di indicare i valori di attivazione ottenuti come percentuale del valore massimale: tale valore potrebbe essere non raggiungibile da soggetti affetti da patologie, a causa del dolore, di meccanismi inibitori o di atteggiamento da evitamento. In alcuni studi si utilizzano quindi valori non normalizzati, oppure si ricorre a strategie differenti di normalizzazione: ad esempio Myers et

al.<sup>(5)</sup> effettuano l'operazione di normalizzazione in base media delle attivazioni di tutti i cicli di elevazione-depressione.

L'assenza di risultati normalizzati secondo criteri standardizzati rende difficile il confronto dei dati e potrebbe essere la causa di alcuni risultati contrastanti ottenuti.

Anche il calcolo del timing di attivazione potrebbe essere fonte di errore, dal momento che esistono diversi modi per misurarlo (ad es.: fissando come valore soglia una % rispetto alla massima attivazione; utilizzando un valore soglia rappresentato da una % rispetto all'attivazione basale di un muscolo) e, anche in questo caso, non esistono valori standardizzati.

- Analisi statistica:

In tutti gli studi sono state trovate differenze nell'attività muscolare, sia nei quadri di sintomatologie dolorose, che in condizioni di fatica. Non sempre però è stata raggiunta la significatività statistica. Questo è probabilmente dovuto alle ridotte dimensioni dei campioni utilizzati che non permettono di evidenziare correttamente le differenze esistenti nelle diverse condizioni.

- Pratica clinica:

L'accumulo di fatica sembra avere un ruolo importante nell'alterazione della normale attività muscolare. Dai risultati osservati il meccanismo su cui sembra influire maggiormente riguarda la risalita della testa omerale, causato soprattutto dalla minore efficacia della componente di centratura della testa da parte della cuffia dei rotatori. Questo porterebbe a delle modifiche dell'artrocinematica e potrebbe essere la causa dello sviluppo di sintomatologie dolorose in atleti e lavoratori ai quali vengono richiesti movimenti overhead<sup>(3)</sup>. Successivamente le risposte nocicettive potrebbero influenzare il controllo motorio sia periferico, che centrale. Sono stati rilevati cambiamenti:

- nelle spalle sane<sup>(7)</sup>: le regioni con soglia del dolore maggiore sono le più inibite, mentre le altre continuano ad essere attive, nonostante la presenza del sintomo (ipotesi Cinderella) e potrebbero contribuire allo sviluppo di dolore cronico;
- nelle spalle sintomatiche: non è stabilito se l'anormale attivazione muscolare sia una conseguenza del sintomo doloroso o se, invece, ne rappresenti la causa, anche se studi riguardanti il dolore secondario a somministrazione di soluzioni saline ipertoniche suggerisce che le differenze nell'attivazione muscolare possano essere un effetto del dolore.

Teyhen et al.<sup>(2)</sup> propongono l'uso dell'analisi fluoroscopica per osservare le modifiche dell'artrocinematica fisiologica, anche in condizioni dinamiche.

Per evitare lo sviluppo di quadri dolorosi Myers et al.<sup>(5)</sup> propongono un protocollo terapeutico per migliorare l'attivazione della cuffia dei rotatori con esercizi svolti tra 0°-30°, dove si è osservato scompenso tra attività del deltoide e della cuffia e dove difficilmente i quadri di impingement risultano essere dolorosi.

Stackhouse et al.<sup>(3)</sup> e Myers et al.<sup>(5)</sup> affermano l'utilità di protocolli di lavoro che enfatizzino l'attivazione ed il reclutamento centrale della muscolatura. E' stato infatti osservato come, ad esempio dopo interventi chirurgici, l'attivazione sia inibita e gli esercizi resistiti siano spesso inefficaci. Un allenamento della forza svolto con stimolazione neuromuscolare potrebbe garantire miglioramenti dell'abilità di generazione della forza e, di conseguenza, portare a miglioramenti funzionali. Inoltre, tramite l'uso di un biofeedback, si potrebbe allenare la capacità di attivazione di diverse zone dello stesso muscolo.

## **CONCLUSIONI**

Nonostante i risultati contrastanti, dolore e fatica sembrano influire sull'attività muscolare del cingolo scapolo-omerale, alterando l'intensità ed il timing di attivazione di alcuni muscoli sia in soggetti sani, che in individui con patologie croniche. Conseguenza diretta è un cambiamento del controllo muscolare sulle articolazioni del cingolo ed il modificarsi della corretta cinematica durante attività funzionali. L'influenza delle due condizioni studiate sembra avere effetti a livello periferico e centrale, modificando anche la capacità di attivazione volontaria e differenziale di diverse zone all'interno dello stesso muscolo, fattore determinate nell'instaurarsi di condizioni croniche. Tuttavia non risulta possibile concludere con certezza se il dolore sia causa di determinate variazioni dell'artrocinematica fisiologica, o se, piuttosto, ne sia una conseguenza. L'osservazione degli effetti del dolore acuto e della fatica su soggetti sani sembrano dimostrare la prima ipotesi, ma, in un secondo tempo, l'alterazione dei normali rapporti articolari contribuisce sicuramente al mantenimento della condizione sintomatica.

Tutti gli autori sono concordi nel proporre protocolli terapeutici che consentano il rinforzo ed il miglioramento del controllo neuromuscolare, eventualmente con l'ausilio di biofeedback o stimolazioni neuromuscolari.

Risulta comunque necessario svolgere ulteriori studi che confermino le alterazioni osservate. Tali studi dovranno avvalersi di strategie di reclutamento, campionamento ed analisi dei dati adeguate, cercando di stabilire dei criteri di standardizzazione e di normalizzazione dei dati raccolti, che permettano il confronto tra campioni diversi di popolazione. Dovranno inoltre avvalersi di strumentazioni ad alta definizione (ad es. apparecchiature fluoroscopiche, elettromiografia), di cui sia dimostrata la riproducibilità intra- ed extraoperatore.

## **BIBLIOGRAFIA:**

- 1. Med Biol Eng Comput. 2009 May;47(5):487-95. Epub 2009 Apr 23.  
**Scapular muscle activation and co-activation following a fatigue task.**  
Szucs K, Navalgund A, Borstad JD.  
School of Allied Medical Professions, The Ohio State University, Columbus, OH, USA.
- 2. Journal of Athletic Training 2008;43(4):352–358 g by the National Athletic Trainers' Association, Inc www.nata.org/jat  
**Rotator cuff fatigue and glenohumeral kinematics in participants without shoulder dysfunction.**  
Deydre S. Teyhen, PhD, PT, OCS\*; Joseph M. Miller, MPT, PT\*\*; Tansy R. Middag, DPT\*\*\*; Edward J. Kane, PhD, PT, ECS, ATC\*\*\*\*  
\*US Army-Baylor University, Fort Sam Houston, TX; \*\*Landstuhl Regional Medical Center, Landstuhl, Germany;  
\*\*\*Brooke Army Medical Center, Fort Sam Houston, TX; \*\*\*\*University of St Augustine, San Diego, CA.
- 3. J Shoulder Elbow Surg. 2010 Mar;19(2):224-9. Epub 2009 Sep 27.  
**Voluntary activation of the infraspinatus muscle in nonfatigued and fatigued states.**  
Stackhouse SK, Stapleton MR, Wagner DA, McClure PW.  
Department of Physical Therapy, Arcadia University, Glenside, PA 19038, USA.  
stackhouse@arcadia.edu
- 4. BMC Musculoskelet Disord. 2010 Mar 9;11:45.  
**The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: a systematic review of electromyographic studies.**  
Chester R, Smith TO, Hooper L, Dixon J.  
Institute of Health and Social Sciences Research, Faculty of Health, University of East Anglia, Norwich, Norfolk, NR4 7TJ, UK. r.chester@uea.ac.uk
- 5. J Sci Med Sport. 2009 Nov;12(6):603-8. Epub 2008 Aug 31.  
**Rotator cuff coactivation ratios in participants with subacromial impingement syndrome.**  
Myers JB, Hwang JH, Pasquale MR, Blackburn JT, Lephart SM.  
Department of Exercise and Sport Science, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, United States. joemyers@email.unc.edu
- 6. BMC Musculoskelet Disord. 2010 Mar 5;11:42.  
**Altered neuromuscular control mechanisms of the trapezius muscle in fibromyalgia.**  
Gerdle B, Grönlund C, Karlsson SJ, Holtermann A, Roeleveld K.  
National Research Centre for the Working Environment, Lersø Parkallé 105, DK-2100 Copenhagen, Denmark.
- 7. Clin Neurophysiol. 2009 Jan;120(1):150-7. Epub 2008 Nov 22.  
**The pain-induced change in relative activation of upper trapezius muscle regions is independent of the site of noxious stimulation.**  
Falla D, Arendt-Nielsen L, Farina D.  
Center for Sensory-Motor Interaction (SMI), Department of Health Science and Technology, Aalborg University, Fredrik Bajers Vej 7, D-3, 9220 Aalborg, Denmark. deborahf@hst.aau.dk
- 8. Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc (2000) 8: 262-269. Epub 20 July 2000.  
**Dinamic stability after ACL injury: who can hop?**  
Rudolph KS, Axe MJ, Snyder-Mackler L.

Department of Physical Therapy, University of Delaware, McKinly Lab, Newark, DE 19176, USA.  
smack@udel.edu

- 9. Critical Appraisal Skills Programme (CASP). Public Health Resouce Unit, England 2004.  
**CRITICAL APPRAISAL SKILLS PROGRAMME – making sense of evidence. 12 questions to help you make sense of a cohort study.**
- 10. Critical Appraisal Skills Programme (CASP). Public Health Resource Unit, England 2006.  
**CRITICAL APPRAISAL SKILLS PROGRAMME – making sense of evidence. 11 questions to help you make sense of a case control study.**
- 11. Critical Appraisal Skills Programme (CASP). Public Health Resource Unit, England 2006.  
**CRITICAL APPRAISAL SKILLS PROGRAMME – making sense of evidence. 10 questions to help you make sense of reviews.**