Università degli studi di Genova

FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

Polo universitario savonese

EFFETTI DELLE LESIONI MUSCOLO-TENDINEE DELLA CUFFIA DEI ROTATORI SUI PATTERNS DI ATTIVAZIONE MUSCOLARE

Relatore:
Diego Arceri

Candidato:
Enrico Marcantoni

Anno accademico
2007-2008

INDICE

1 – Introduzione	Pag. 3
2 - Materiali e metodi	Pag. 5
3 - Anatomia e biomeccanica	Pag. 6
4 - Patologia dello spazio sub-acromiale	Pag. 13
5 - Biomeccanica e alterazioni kinematiche	Pag. 18
6 – Conclusioni	Pag. 28
7 – Bibliografia	Pag. 30

INTRODUZIONE

La spalla dolorosa costituisce un quadro comune specialmente negli sportivi e nei lavoratori "overhead" (LAURSEN), tuttavia cio' che determina il quadro algico, rimane ancora elemento di discussione.
In condizioni di normalita', cioe' su pazienti non sportivi al di sotto dei 40 anni di eta' i tendini della cuffia dei rotatori sono resistenti e non vanno incontro a lesione in assenza di trauma.
Al di sopra dei 40 anni invece, con l'avanzare dell'eta' e con microtraumi ripetuti si sono riscontrate modificazioni istologiche, con sostituzione del tessuto collagene da tipo I con il tipo III, che portano alla progressiva degenerazione e riduzione della forza tensile.
I requisiti per un normale funzionamento della cuffia dei rotatori sono:

- Integrita'
- Presenza di muscoli forti
- Normale lassita' capsulare
- Tendini della cuffia sani
- Superficie inferiore dell'arco coracoacromiale liscia e regolare
- Qualita' della borsa sinoviale
- Superficie superiore della cuffia liscia
- Regolarita' della tuberosita' omerale
- Concentricita' delle sfere di rotazione omerale e coracoacromiale

La disfunzione di questo meccanismo e' la fonte piu' comune di problemi per la spalla (ROCKWOOD e MATSEN la spalla Vol. 2 ed. 2000).
La cuffia dei rotatori permette la normale funzionalita' del cingolo scapolare, in quanto svolge un'azione stabilizzante della testa omerale rispetto alla glena, ma la sua valutazione non puo' essere disgiunta da quella della muscolatura periscapolare che ne permette il corretto funzionamento.

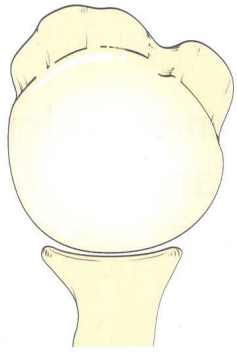
Le alterazioni dei pattern motori della cuffia dei rotatori in condizioni di patologia, vanno quindi valutate anche in funzione degli alterati patterns motori della muscolatura periscapolare.
La revisione della letteratura, ha evidenziato pero' una differenza tra quelle che sono le conoscenze a livello diagnostico sulle lesioni della cuffia dei rotatori e cio' che una eventuale lesione di cuffia puo' comportare a livello di patterns di attivazione della cuffia stessa.
Cio' e' dovuto in larga misura alle possibilita' che la chirurgia artroscopica associata all'affinamento delle tecniche di diagnostica clinica e di imaging, hanno offerto per una migliore comprensione sul tipo di lesioni possibili.
Lo scopo del lavoro di revisione e' stato quello di valutare quali sono i pattern di attivazione muscolare con cuffia sana, per valutare come cambiano in caso di lesione.

MATERIALI E METODI

E' stata effettuata una ricerca su Medline, Pedro, Cochrane Database of Sistematic Reviews e Pubmed.
Le parole chiave usate per la ricerca sono state: rotator cuff tears, impingement sindrome, scapular dyskinesia, muscolar patterns, muscle activity, alteration in shoulder kinematic, musculoskeletal pain, injury, motor control, neuromuscular activation model.
Non e' stata posta una data antecedente la quale non effettuare ricerca.
Tra gli articoli trovati sono stati selezionati quelli che piu' di altri potevano risutare utili per la stesura dell'elaborato.
Sono inoltre stati utilizzati, come riferimenti bibliografici, i seguenti libri: "LA SPALLA" Vol. 1 e 2, seconda edizione (ROCKWOOD e MATSEN) e "La protesi di spalla nell'artrosi gleno-omerale" (PORCELLINI-CAMPI-PALADINI).

ANATOMIA E BIOMECCANICA

Il complesso articolare della spalla e' formato da piu' articolazioni: sterno-claveare, acromion-claveare, gleno-omerale e scapolotoracica, che concorrono mutuamente all'esecuzione dei movimenti.
Tale complesso ha uno scarso contenimento osseo, e cio', se da un lato rende la spalla l'articolazione piu' mobile del corpo umano dall'altro la rende intrinsecamente instabile.
Meccanicamente l'articolazione gleno-omerale e' una diartrosi a bassa congruenza e a ridotta superficie di contatto, dove solitamente il raggio di curvatura della glenoide e' maggiore di quello della testa omerale.
Risulta quindi evidente, come in questo tipo di articolazioni la stabilita' e' un requisito fondamentale per la salute dell'articolazione stessa (KELKAR).

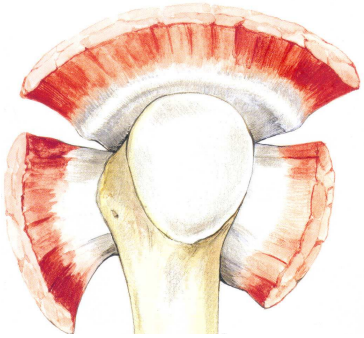


Nonostante le superfici di scorrimento non siano tutte cartilaginee, nelle spalle sane la scorrevolezza e' garantita dalla borsa sotto-acromion deltoidea, che e' frapposta tra deltoide e cuffia dei rotatori.
Il muscolo piu' potente che agisce sulla articolazione gleno-omerale e' il deltoide che e' anche il principale abduttore. A zero gradi di abduzione la direzione della forza espressa da tale muscolo e' prevalentemente verticale, con una componente orizzontale agente in direzione laterale.

Tale forza, data la conformazione articolare sulla quale si esercita, se agisse isolatamente, farebbe traslare la testa dell'omero verso l'alto lussandola dalla sua sede glenoidea.
Nella articolazione gleno-omerale pero' agiscono anche altre forze che mantengono una condizione di equilibrio; queste forze di stabilizzazione possono essere suddivise in statiche o passive e dinamiche o attive.
La stabilizzazione passiva e' affidata alla capsula articolare e ai suoi rinforzi legamentosi, al cercine glenoideo, ed alla pressione negativa intra-articolare.
La stabilizzazione attiva e' svolta dall'azione dei muscoli della cuffia dei rotatori, che ha la funzione di centrare e stabilizzare la testa omerale sulla glena, oltre a quella di produrre movimento.
I muscoli periscapolari hanno invece l'importante funzione di mantenere il corretto rapporto tensione-allungamento della cuffia dei rotatori, il corretto orientamento della scapola e della glena nello spazio, e la giusta stabilizzazione scapolo-omerale rispetto alla gabbia toracica (KIBLER).

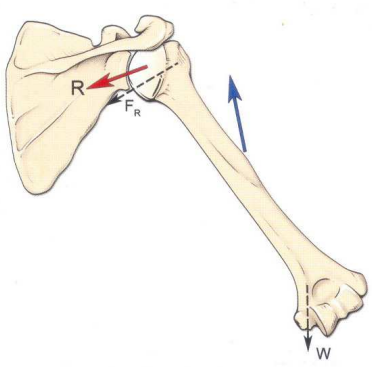
C D R

La cuffia dei rotatori e' formata da quattro muscoli: sottoscapolare, sovraspinato, sottospinato e piccolo rotondo.



Tutti questi muscoli, tramite il complesso tendineo da loro formato, hanno la funzione di centrare la testa omerale nella glenoide, poiche' le direzioni di carico

hanno in prevalenza una direzione mediale. Unitamente a questi muscoli e' necessario considerare il capo lungo del bicipite, che pur non facendo parte della muscolatura di cuffia, contribuisce, quando e' stabile e funzionalmente valido a deprimere e stabilizzare la testa dell'omero.
I muscoli della cuffia, svolgono inoltre la funzione di contrastare l'azione del deltoide, che da solo tenderebbe a far traslare la testa omerale superiormente verso il tetto acromiale, oltre che per la direzione della risultante dei vettori di forza, anche grazie allo spessore della cuffia stessa che riduce la pressione di contatto della testa omerale contro la volta stessa.



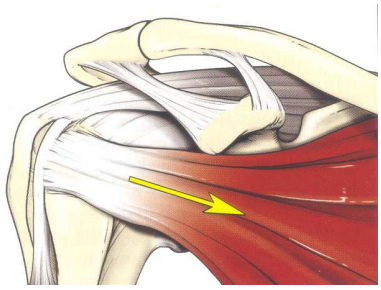
Il contributo dei muscoli della cuffia alla stabilita' articolare puo' essere dovuta a:

- Tensione muscolare passiva derivata dall'effetto massa della muscolatura stessa
- Compressione articolare derivata dalla contrazione
- Movimento articolare che pone secondariamente in tensione i vincoli legamentosi passivi
- L'effetto barriera dei muscoli contratti

(ROCKWOOD e MATSEN la spalla Vol. 1 ed 2000)

MUSCOLO SOTTOSCAPOLARE

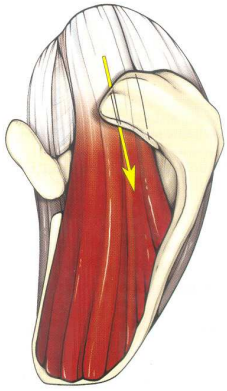
Il sottoscapolare e' un muscolo potente e multipennato, con tendine terminale di circa 15 mm. Funzionalmente e' un intrarotatore e da solo svolge il 55% della capacita' lavorativa di tutti gli intrarotatori. Il vettore di forza del sottoscapolare deprime e coapta la testa omerale nella cavita' glenoidea.



MUSCOLO SOVRASPINATO

Il tendine del sovraspinato decorre sotto la volta acromiale e le sue funzioni biomeccaniche sono:

- elevare il braccio; da solo svolge il 17% della capacita' lavorativa di tutti gli abduttori
- stabilizzare la testa omerale nella cavita' glenoidea
- derotare, unitamente al sottospinato, la testa omerale quando il braccio e' in elevazione e il trochite passa sotto il becco acromiale.

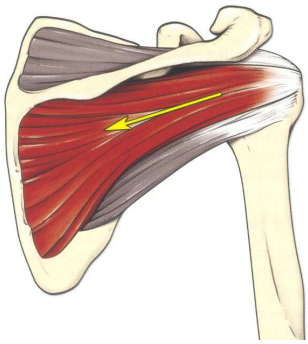


MUSCOLO SOTTOSPINATO

Il sottospinato ha circa le stesse dimensioni del suo antagonista, il sottoscapolare, il suo tendine misura 15/20 mm. e si unisce alla capsula posteriore e al tendine del sovraspinato.

E' il piu' potente extrarotatore della cuffia, da solo esercita il 67% della capacita' lavorativa di tutti gli extrarotatori.

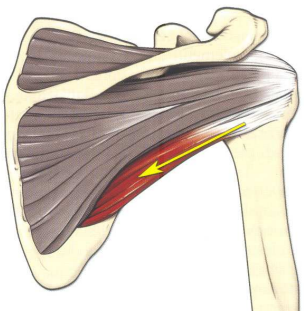
La sua funzione principale e' quella di stabilizzare la testa omerale in posizione di abduzione ed extra-rotazione (portare la mano dietro il capo senza toccarlo) e di stabilizzare la spalla posteriormente, unitamente alla capsula posteriore, quando l'arto e' addotto sul piano scapolare.



MUSCOLO PICCOLO ROTONDO

Il piccolo rotondo e' il muscolo piu' piccolo della cuffia dei rotatori, ma da solo esercita il 12% della capacita' di extrarotazione degli extra-rotatori scapolari.

La sua funzione e' di coaptare la testa omerale nella cavita' glenoidea.



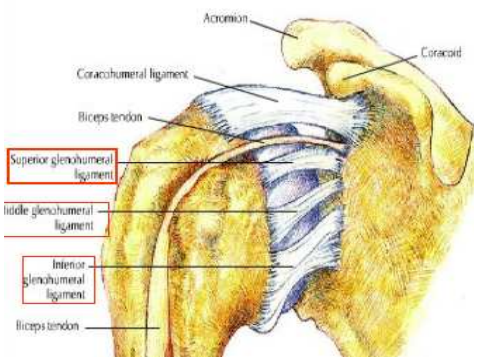
(PORCELLINI-CAMPI-PALADINI la protesi di spalla nell'artrosi gleno-omerale)

C L B

Il capo lungo del bicipite svolge assieme alla muscolatura di cuffia un'azione di stabilizzazione dinamica della testa omerale sulla glena, e in caso di spalla instabile la sua azione diviene ancora piu' importante (ROCKWOOD e MATSEN la spalla Vol. 1 ed 2000).

Alcuni studi su cadavere hanno evidenziato che deprime e comprime la testa dell'omero sulla glena, che agisce da stabilizzatore anteriore, posteriore, che limita l'extrarotazione e che esercita un controllo dinamico del labbro glenoideo (ANDREWS-ITOI-KUMAR-NEER-RODOSKY).

Il CLB ha anche una importante funzione stabilizzante sopra i 90° di abduzione particolarmente evidente nelle spalle instabili durante il movimento di abduzione-extrarotazione poiche' supporta l'insufficiente apparato capsulo labrale (RODOSKI-GOWAN).



FORZE DI AZIONE SULL'ARTICOLAZIONE GLENO-OMERALE

Sull'articolazione gleno-omerale vi agiscono un complesso di forze difficile da definire vettorialmente, per il numero di muscoli interessati e mutuamente coinvolti, e per i sensibili cambiamenti, che la grande mobilita' della spalla comporta sulla funzione dei muscoli stessi.

Le forze che concorrono a formare la risultante del carico articolare sono:

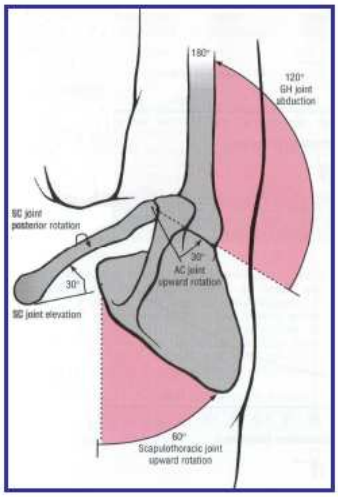
1. il peso dell'arto

2. le forze esterne (pesi)
3. l'azione degli abduttori (deltoide e sovraspinato)
4. i depressori della testa dell'omero (sottoscapolare, sottospinato, piccolo rotondo

La somma vettoriale di tali forze e' la risultante del carico.

RAPPORTO SCAPOLO TORACICO

Complessivamente l'elevazione del braccio in soggetti sani raggiunge i 180°.
Nei primi 30° prevale fortemente l'articolazione gleno-omerale, poi interviene la scapolo-toracica.
Mediamente si puo' dire che il rapporto tra il movimento della gleno-omerale e della scapolo-toracica sia di 2:1, dove per ogni 2° di movimento della gleno-omerale corrisponde 1° di movimento della scapolo-toracica (ARCERI MRDM SAVONA 2007).



PATOLOGIA DELLO SPAZIO SUB-ACROMIALE

L'impingement sub-acromiale e' tra le piu' frequenti cause di dolore e disfunzione dell'articolazione della spalla, tale sindrome e' determinata da un attrito reiterato nel tempo tra la cuffia dei rotatori e l'arco coraco-acromiale durante i movimenti di elevazione dell'arto superiore (NEER).
Lo spazio sub-acromiale e' delimitato da una volta osteo-legamentosa formata dall'acromion, dal legamento coraco-acromiale, e dalla coracoide, e da un pavimento formato da piccola e grande tuberosita' omerale e dalla testa dell'omero.
Le alterazioni che possono essere correlate ad impingement sub-acromiale, possono essere di tipo strutturali e funzionali. Nell'ambito delle strutturali BIGLIANI ha correlato i quadri di impingement alla morfologia dell'acromion, dimostrando come, diverse forme di acromion possano determinare diverse incidenze di lesioni della cuffia dei rotatori.
Secondo gli studi di OZAKI e SARKAR, l'eziopatogenesi dell'impingement andrebbe ricercata nei problemi di microcircolo tali da determinare una degenerazione intrinseca della cuffia dei rotatori, capace a sua volta di alterare l'effetto delle coppie di forza, e di provocare nel tempo una traslazione verso l'alto della cuffia, con conseguente riduzione dello spazio sub-acromiale e di formazioni di osteofiti.
L'artrosi acromion-claveare, associata ad ipertrofia capsulare ed osteofitosi inferiore, e l'os-acromiale (mancata fusione dell'epifisi della regione anteriore dell'acromion), sono processi patologici che secondo numerosi autori possono frequentemente determinare restringimento dello spazio sub-acromiale.
Altre cause di restringimento dello spazio sub-acromiale, possono essere ricercate in difetti di consolidazione delle fratture del trochite, della clavicola e dell'acromion, cosi come in processi infiammatori cronici come le borsiti nell'atrite reumatoide e l'ispessimento della cuffia nelle tendinopatie calcifiche.

Tra le cause funzionali ci sono: la discinesia scapolo-toracica legata a difetti posturali come; cifosi toracica, protrazione scapolare, Sick sindrome: "Scapola Infera Coracoid Dyskinesis (BURKHART-MORGAN-KIBLER).
Nonostante nella pratica clinica sia accettata l'idea, che una postura scorretta mantenuta possa contribuire a sviluppare un dolore cronico a collo e spalla (Mc LEAN), in letteratura pero', non e' ancora chiara l'influenza che la postura ha sul dolore del quadrante superiore, e se vi e' correlazione tra la severita' delle anomalie posturali e la frequenza e la severita' del dolore stesso (ARCERI MRDM Savona 2007).
Sempre tra le cause funzionali vanno menzionate le cause post-traumatiche (lussazioni acromion-clavicolari), le problematiche di origine neurologiche (paralisi del nervo toracico lungo, dell'accessorio spinale, del soprascapolare) e le muscolari (stabilizzatori della scapolo-toracica).

LESIONI DELLA CUFFIA DEI ROTATORI

La cuffia dei rotatori, svolge un ruolo essenziale per la complessa dinamicita' dell'articolazione della spalla, che deve rispondere a due criteri apparentemente discordanti, come stabilita' e motilita'.
I processi degenerativi della cuffia dei rotatori sono l'espressione del sottile equilibrio che e' alla base del corretto funzionamento spalla stessa.

CLASSIFICAZIONI

La classificazione delle lesioni della cuffia dei rotatore deve descrivere:

- se la lesione e' parziale o a tutto spessore
- l'estensione della lesione
- il numero dei tendini coinvolti
- la retrazione del tendine
- la qualita' del tessuto

La prima classificazione appartiene a CODMAN che le divide in: incomplete, complete, e traverse pure.
NEER ha classificato le lesioni in base alla etiologia; attribuendo il 95% delle lesioni ad "impingement" in soggetti over 40, e il restante 5% a lesioni traumatiche in soggetti piu' giovani.
In un'altra classificazione, PATTE ha inserito nella sua valutazione un ulteriore parametro provando a definire la qualita' del trofismo muscolare, sulla base della quantita' di tessuto adiposo rispetto a quello muscolare.
S.J. SNYDER suddivide le lesioni di cuffia in:

- lesioni articolari parziali sul versante articolare
- lesioni bursali parziali sul versante bursale
- lesioni complete

suddividendo poi ulteriormente, i suddetti gruppi, in ulteriori 5 gradi di severita' per ciascun gruppo.
Un'ulteriore tipo di classificazione e' poi quella proposta da BURKHART che si e' basato sulla considerazione che la lesione non e' la sola causa di dolore e che spesso non c'e' correlazione tra "lesione di cuffia" e quadro clinico.
Essendoci quindi spesso una sostanziale discrepanza tra quadro clinico e dolore, molti autori si sono indirizzati verso la ricerca delle possibili cause, individuando l'impingement estero e l'instabilita' dei margini lesionati dei tendini, come le cause piu' comuni di dolore di origine "meccanico".
L'artroscopia ha evidenziato come piccole lesioni non retratte della cuffia agiscano come dei "flap" che entrano in contatto con l'acromion interferendo con il ritmo gleno-omerale.
Sinoviti e capsuliti adesive sono invece da considerare cause di dolore di tipo "biologico".
BURKHART ha definito come "functional rotator cuff tear" una lesione di cuffia che non interferisce con la bio-meccanica della articolazione gleno-omerale.

Tale lesione deve rispondere a dei requisiti:

- forze di coppia intatte sul piano coronale e traverso
- fulcro cinematico stabile
- integrita' del meccanismo del ponte in sospensione
- la lesione deve rispettare la minima area di superficie
- i margini della lesione devono essere stabili.

La stabilita' del fulcro cinematico secondo INMAN, dipende dall'integrita' delle coppie di forza che devono essere intatte sul piano coronale (deltoide) e anche sul piano traverso (sottoscapolare e sottospinato).
Le possibili possibilita' biomeccaniche sono:

1. fulcro stabile: lesioni localizzate della cuffia superiore, con interessamento parziale dei tendini del sottospinato o del sottoscapolare
2. fulcro instabile: lesione della cuffia superiore con importante estensione posteriore e sottoscapolare inserito o lesione della cuffia superiore con importante estensione anteriore e sottospinato inserito
3. fulcro captured: lesione massiva di tutto il sovraspinato interessante anche il sottospinato e il sottoscapolare. In questo caso la testa omerale non e' stabilizzata e quindi sotto l'azione del deltoide tende a sub-lussarsi antero-superiormente durante i movimenti di elevazione. Alcuni pazienti sono in grado di elevare l'arto perche' trovano sotto l'arco coraco-acromiale un nuovo fulcro di rotazione.

Secondo la teoria del ponte in sospensione di BURKHART, il sovraspinato, che non e' un depressore della testa dell'omero, puo' esercitare la sua funzione di compressione anche se lesionato purche' le sue inserzioni piu' anteriori e piu' posteriori siano integre altrimenti si perderebbe la stabilita' cinematica del fulcro (fig. 1-2-3).

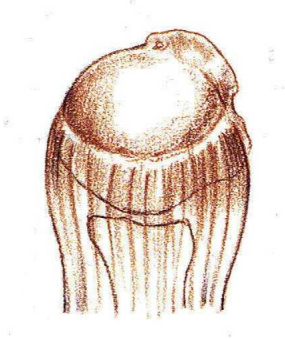


Fig. 1

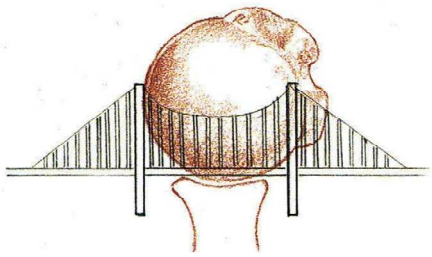


Fig. 2

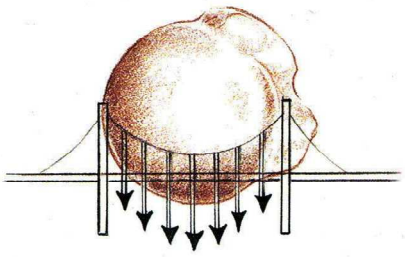


Fig. 3

La minima area di superficie, e' la zona delimitata dal "cable" (ispessimento traverso della capsula, che ammortizza le forze esercitate) e l'area di inserzione ossea del sovraspinato e del sottospinato sul trochite omerale, tale area e' soggetta a tensioni uniformi in tutte le direzioni e deve rimanere integra.
La presenza di margini instabili, in caso di lesione di cuffia, determina dolore e impingement e limitazione articolare su base antalgica.

BIOMECCANICA E ALTERAZIONI KINEMATICHE

Secondo MANTONE, l'incidenza di rottura a tutto spessore della cuffia dei rotatori varia dal 5% al 40% e aumenta con l'aumentare dell'eta'.
Studi su cadavere di Bigliani e Morrison, hanno evidenziato che il 39% di individui oltre i 60 anni aveva una rottura di cuffia a tutto spessore e che la percentuale aumentava ancora se si prendevano in esame le lesioni parziali di cuffia. Da studi con RMN si e' evidenziato come solo il 25% delle lesioni di cuffia siano sintomatiche e che non sempre la dimensione della lesione e' correlata alla quantita' di dolore e alle limitazioni che tali lesioni determinano.
La depressione della testa omerale, e' un aspetto che coinvolge tutti i muscoli della cuffia dei rotatori, ma in maniera particolare i muscoli piccolo rotondo e sottospinato, a causa della direzione dei loro vettori di forza. Un difetto funzionale di tale muscolatura puo' quindi influire nel determinismo dell'impingement sub-acromiale.
Un'altra importante struttura che collabora con la cuffia nella depressione e nella centratura della testa omerale sulla glena e' il capo lungo del bicipite.
Non tutte le lesioni di cuffia dipendono dal conflitto sub-acromiale, poiche' l'invecchiamento del tendine, i problemi vascolari legati all'eta', la degenerazione delle fibre collagene e quindi la graduale perdita di resistenza alla tensione, rappresentano un verosimile meccanismo lesionale nell'anziano.
Sotto i quaranta anni, il meccanismo lesionale piu' frequente e' il meccanismo traumatico.
Una coppia di forze parallele ma con opposte direzioni crea un movimento rotatorio accoppiato (MANTONE).
I muscoli della cuffia dei rotatori interagiscono tra loro generando forze accoppiate che mantengono il centro di rotazione tra la testa omerale e la fossa glenoidea. INMAN ha notato che durante l'elevazione del braccio, deltoide e cuffia, agiscono in modo sincrono come una coppia di forze per permettere un movimento bilanciato attorno alla articolazione gleno-omerale.

Il deltoide durante i primi 45° di abduzione determina una forza di taglio verso l'alto, tale forza e' contrastata dalla forza del patterns muscolare della cuffia. Il sovraspinato che e' orientato orizzontalmente all'articolazione esercita una forza compressiva su di essa durante la sua contrazione. Tale forza aiuta a centralizzare la testa dell'omero nella glenoide durante l'elevazione del braccio contrastando la forza traente verso l'alto del deltoide.
Piu' importante pero' e' la forza risultante esercitata dalla contrazione di sottoscaplare, sottospinato e piccolo rotondo che assieme contrastano la forza traente del deltoide con una risultante che deprime la testa omerale verso il basso (INMAN), sul piano coronale si esercita una coppia di forze contrapposte costituita dal deltoide e dalla porzione inferiore della cuffia dei rotatori (sottospinato e piccolo rotondo). Sul piano trasverso invece la coppia di forze e' composta dalla porzione anteriore della cuffia (sottoscapolare) e da quella posteriore (sottospinato e piccolo rotondo).
La rotazione verso l'alto (upward) della scapola durante l'elevazione del braccio e' un importante meccanismo che permette la risalita della acromion allontanandola dalla testa omerale. Le forze accoppiate che agiscono sulla scapolo-toracica, sono l'elevatore della scapola e il dentato anteriore, bilanciati da trapezio superiore ed inferiore, la debolezza di uno di questi muscoli puo' alterare il normale ritmo scapolare e la rottura di questo equilibrio puo' portare ad un ritmo scapolare anomalo ed anche all'impigment. Rinforzando i rotatori della scapola si minimizza tale alterazione riducendo il rischio di impingement.
WARNER correla la possibile presenza di una rigidita' della capsula posteriore ad una possibile sindrome da impingement a causa della spinta verso l'alto che tale stifness esercita sulla testa dell'omero e che la spinge verso il soffitto acromiale durante la flessione del del braccio.
La letteratura pone inoltre l'accento sull'importanza del corretto rapporto di forza tra i rotatori interni ed esterni, soprattutto per l'atleta lanciatore. Secondo WILK tale rapporto deve mantenersi compreso tra il 65 e il 75%, per mantenere un buon equilibrio gleno-omerale.

LESIONI DI CUFFIA ED IMPAIRMENT

Le lesioni parziali di cuffia costituiscono uno dei problemi piu' comuni in chi pratica sport e nella popolazione anziana, e sono molto piu' frequenti rispetto alle lesioni complete di cuffia (ZHANG).

Tra le cause di impairment attribuibili ad una lesione della cuffia dei rotatori possiamo citare; il dolore, il controllo motorio e l'aspetto propriocettivo.

La definizione di dolore che da la IASP (Associazione Internazionale per lo Studio del Dolore) e': "un'esperienza emozionale e sensoriale sgradevole, associata ad un danno attuale o potenziale, oppure descritto in termini simili ad un tale danno" (CIURO MRDM SAVONA 2007).

HODGES ipotizza che il dolore modifichi il controllo motorio influenzando lo schema corporeo interno, i centri corticali, la pianificazione motoria, l'input propriocettivo e anche i fattori emotivi come paura, stress e attenzione.

Secondo COMEFORD e SAHRMANN il dolore provoca dei processi di adattamento errati, che hanno come conseguenza squilibri muscolari e un alterato controllo motorio durante il gesto, e che si manifestano poi in un errato ritmo scapolo-omerale e con una errata posizione scapolare (COMEFORD-SAHRMANN).

Il dolore quindi puo' creare un'impairment del controllo motorio e squilibri nei pattern di attivazione muscolari capaci, nel tempo di determinare altri problemi (STERLING-JULL).

E sempre il dolore puo' modificare le informazioni propriocettive a livello recettoriale alterando il senso di posizione e determinando il fenomeno del riflesso di inibizione.

Tale fenomeno secondo MANTONE lo si puo' definire come un difetto di attivazione muscolare volontaria in un muscolo adiacente ad una articolazione con problemi.

Questa inibizione e' stata chiaramente evidenziata a carico del quadricipite femorale in pazienti con dolore e gonfiore al ginocchio e in pazienti ai quali il

gonfiore al ginocchio e' stato indotto sperimentalmente tramite infiltrazione (ALBERTONI MRDM Savona 2007).
Il controllo motorio e' il presupposto principale che garantisce il corretto svolgimento del movimento (COMEFORD-HODGES).
Lo studio di HUNDZA, mostra come una alterazione del controllo neurale determina una alterazione del patters di attivazione muscolare, durante l'esecuzione dei movimenti dell'arto superiore.
Con la definizione di controllo neurale alterato, possiamo identificare un'alterato patterns di attivazione muscolare prodotto durante l'esecuzione del movimento del braccio.
Tale alterazione, pare sia una probabile causa di instabilita' gleno-omerale, poiche' la spalla necessita della sua piena efficenza, per fornire un accurato meccanismo di stabilizzazione dinamica.
Il sistema muscolare nella spalla deve garantire la centralita' tra i due capi articolari al fine di minimizzare gli stress articolari durante i movimenti del braccio. A tale funzione sono chiamati anche, oltre che naturalmente i muscoli scapolo-omerali e il capo lungo del bicipite (GRAICHEN), i muscoli scapolo-toracici, quelli del tronco e quelli del bacino (KIBLER).
Secondo KIBLER, il dolore alla spalla e' secondario ad una alterazione dei movimenti scapolari, dovuti ad un alterato pattern di attivazione muscolare, cio' altera il corretto centraggio della testa omerale sulla glena, provocando movimenti articolari accessori, e alterando il corretto rapporto tensione allungamento della muscolatura di cuffia durante i movimenti dell'arto.
Il sistema neurologico e' responsabile della coordinazione e della corretta inibizione reciproca, che e' alla base del funzionamento della muscolatura periscapolare e di cuffia, ed e' sempre il controllo neurologico a determinare la fruibilita' della forza muscolare.
Da cio' si evince che la coordinazione tra i diversi gruppi muscolari e' piu' importante che la forza fine a se stessa. E' poi la propriocezione, attraverso il riflesso spinale e l'integrazione centrale, che guida la corretta pianificazione ed esecuzione del gesto.

In presenza di sintomi alla spalla spesso si associano alterazioni del patterns di movimento.
Sebbene le alterazioni di tali patterns, nelle spalle si pensa che siano associati a sintomi (SAHRMANN) ancora non e' chiaro come cio' avvenga.
Nella spalla sintomatica cambia l'orientamento della scapola: diminuisce il tilt posteriore e la rotazione esterna durante l'elevazione sul piano scapolare.
Questi cambiamenti diminuiscono lo spazio sub-acromiale durante l'elevazione del braccio e aumentano il rischio di impingement sub-acromiale.
Le alterazione del timing di attivazione sono associate a disordini nell'attivare e nello stabilizzare il complesso muscolare della spalla (KIBLER- SAHRMANN).
La valutazione dei timing di movimento e la correzione attiva delle asimmetrie sono considerate importanti per il successo della rieducazione. E' possibile che le anomalie nell'orientamento statico della scapola influiscano nelle alterazioni dei pattern motori della spalla (SAHRMANN).
LUDEWIG and COOK rilevano una ridotta attivita' del dentato anteriore con l'elettromiografia durante l'elevazione sul piano scapolare.
Le evidenze che indicano l'esistenza di pattern anomali in pazienti con dolore alle spalle sono limitate, ma il risultato dello studio elettromiografico di LUDEWIG and COOK, mostra nei soggetti affetti da impingement una riduzione della "upward rotation", un incremento del "tipping anteriore" ed un aumento della rotazione mediale della scapola sul torace durante le elevazioni del braccio.
Tali cambiamenti kinematici, si associano ad un'eccessiva risalita e ad un difetto di rotazione esterna della testa dell'omero durante l'elevazione dell'arto.
Allo stesso tempo l'alto e il basso trapezio mostrano un'aumenta attivazione elettromiografica nei pazienti con impingement, se confrontati con i pazienti senza impingement, tra i 90° e i 120° di elevazione sul piano scapolare.
LUKASIEWICZ ha quantificato tridimensionalmente l'orientamento della scapola ad arto elevato sul piano scapolare, confrontandolo tra pazienti con e senza sindrome da impingement.

I pazienti con impingment mostravano una perdita di 8-9° di backward tipping della scapola a 90° di elevazione e alla massima elevazione se comparati con soggetti senza impingement.
Inoltre l'indebolimento del dentato anteriore nei soggetti con impingement concorre alla riduzione del tipping posteriore della scapola e cio' spiega l'importanza dell'attivazione del dentato anteriore nel controllare l'angolo inferiore della scapola rispetto al torace.
Anche secondo LUKASIEWICZ l'alterazione della kinematica della scapola e' rappresentata dalla riduzione dell'upward rotation e dall'incremento della rotazione mediale della scapola sul torace, sempre relazionabile alla ridotta attivazione del dentato anteriore.
GRAICHEN mette in evidenza come l'attivita' muscolare e la posizione del braccio causano cambiamenti di ampiezza, dello spazio sub-acromiale.
Nello studio di COOLS e' stato valutato il timing dell'attivita' del trapezio in risposta ad un inaspettato movimento del braccio, in atleti con impingment e in un gruppo di controllo di soggetti normali.
I tempi di latenza sono stati misurati in tutte e tre le porzioni del trapezio e nel deltoide medio, in trentanove atleti "overhead" con sindrome da impingement di eta' media di 25,9 anni e comparati con trenta atleti "overhead" senza impingement di eta' media di 22,5 anni, durante un'improvvisa caduta verso il basso del braccio.
Sono state trovate significative differenze, nei relativi tempi di latenza tra il gruppo con impingement e il gruppo di controllo.
Quelli con impingement hanno mostrato un ritardo nella attivazione muscolare del medio e del basso trapezio.
Il risultato di questo studio indica che gli atleti "overhead" con sintomi da impingement mostrano un anormale timing di reclutamento del muscolo trapezio. Tale scoperta supporta la teoria che l'impingement nella spalla puo' essere messo in relazione col ritardato inizio della contrazione di tale muscolo.
E' comunemente accettato che la scapola giochi un ruolo fondamentale nella funzione della spalla.

In sports in cui la richiesta funzionale e' alta, la qualita del movimento dipende dall'interazione tra la kinematica scapolare e quella gleno-omerale. La stabilita' funzionale della scapola dipende dal suo corretto posizionamento, dal perfetto bilanciamento delle coppie di forze attorno ad essa e dal corretto timing di attivazione dei suoi muscoli rotatori.
La sequenza temporale di attivazione di tali muscoli, rappresenta un'importante fattore nella coordinazione del movimento scapolare durante l'elevazione del braccio.
Un cambiamento nell'azione dei muscoli periscapolari puo' determinare un mal allineamento della scapola, con conseguente sovraccarico alla cuffia dei rotatori e conseguente sindrome da impingement.
Sempre COOLS dimostra che i muscoli gleno-omerali e il deltoide medio sono attivati prima del muscolo trapezio in entrmbi i gruppi di studio, durante l'inaspettato movimento.
In piu' i tempi di attivazione del trapezio inferiore si allungano in caso di impingement. Quindi se come altri autori suggeriscono il medio e il basso trapezio hanno un importante ruolo nella stabilizzazione della articolazione scapolo-toracica, una risposta ritardata puo' condurre ad una dominanza delle fibre superiori del trapezio rispetto alle altre, producendo uno sbilanciamento della scapola rispetto al torace.
Secondo una ricerca di KELLY, i pazienti con lesione della cuffia dei rotatori possono avere vari gradi di espressione sintomatiche.
I ricercatori hanno valutato i diversi patterns di attivazione; della cuffia dei rotatori, del deltoide e degli stabilizzatori di scapola, in un gruppo di controllo di persone sane, in pazienti sintomatici e non, ma con 2 tendini della cuffia lesionati.
Entrambi i gruppi; sintomatici e asintomatici hanno dimostrato la tendenza ad incrementare l'attivazione muscolare durante ogni compito, comparandoli con i soggetti normali.

E’ stato evidenziato come i pattern di attivazione muscolare, in pazienti con patologia della cuffia dei rotatori, possono giocare un ruolo in presenza o in assenza di sintomi.

I pazienti asintomatici hanno dimostrato incremento di attivazione del sottoscapolare integro, mentre i pazienti sintomatici continuano ad utilizzare i tendini lesionandoli ulteriormente (FIG. 1), e come risultato anche la funzione della muscolatura periscapolare risulta compromessa.

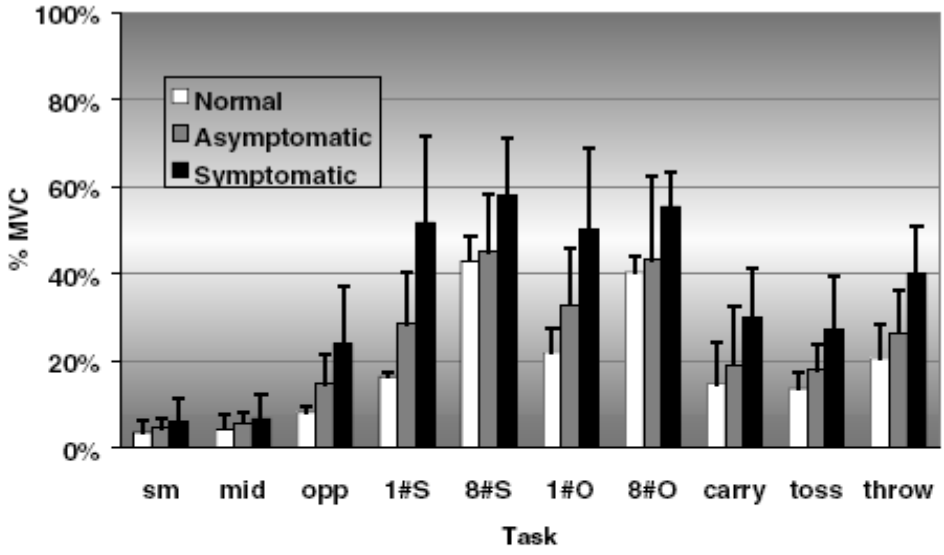


Figure 1 Supraspinatus muscle activation during all tasks. Internal rotation tasks: reach to small of back (*sm*) and wash middle of back (*mid*). Elevation tasks: wash back of opposite shoulder (*opp*), lift 1 lb to shoulder level (*1#S*), lift 8 lb to shoulder level (*8#S*), place 1 lb on an overhead shelf (*1#O*), and place 8 lb on an overhead shelf (*8#O*). Carrying task: carry 20 lb at the side (*carry*). Throwing tasks: throw a softball underhand 10 yd (*toss*) and throw a softball overhand 10 yd (*throw*).

Durante la rotazione interna i pazienti asintomatici avevano una attivita'del sottoscapolare molto maggiore rispetto ai pazienti sintomatici (65% di contrazione muscolare volontaria MVC, contro il 42%) (FIG. 2)

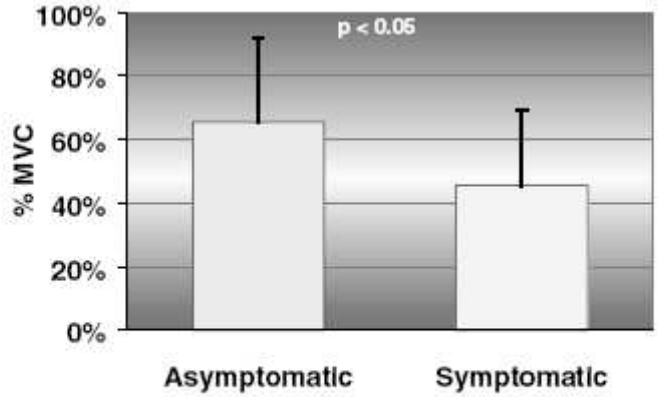


Figure 2 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the subscapularis muscle during the activity of reaching behind the back.

Durante il trasporto, i pazienti asintomatici hanno dimostrato un attivazione del trapezio superiore minore rispetto ai pazienti sintomatici (16% di MVC vs. 50% di MVC) (FIG. 3).

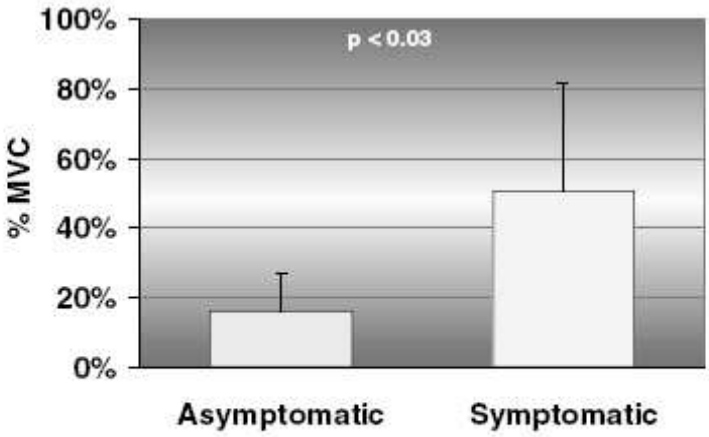


Figure 3 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the upper trapezius muscle during the activity of carrying a 20-lb weight at the side.

Durante l'elevazione della spalla, i pazienti sintomatici hanno dimostrato un aumento dell'attivazione muscolare del sovraspinato (52% di MVC vs. 28% di MVC) e del sottospinato (32% di MVC vs. 16% di MVC) e del trapezio superiore (39% di MVC vs. 20% di MVC) se confrontati con pazienti asintomatici (FIG 4).

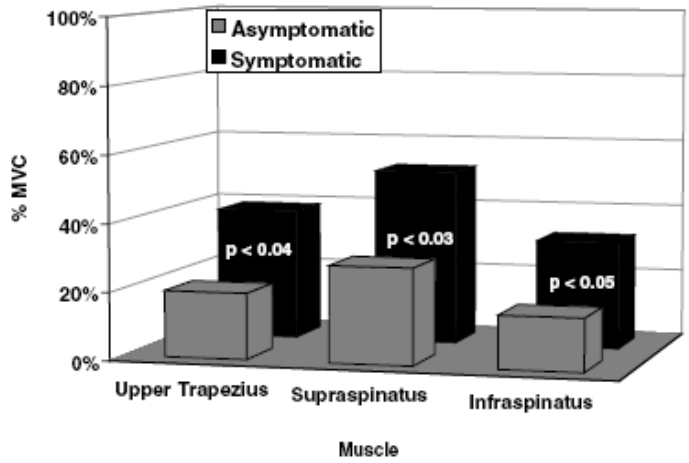


Figure 4 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the supraspinatus, infraspinatus, and upper trapezius muscles during the activity of shoulder elevation.

Durante l'elevazione con 8 lb. di peso, i pazienti asintomatici mostrano una azione incrementata del sottoscapolare, se comparata con i pazienti sintomatici(34% di MVC vs. 21% di MVC) (FIG. 5).

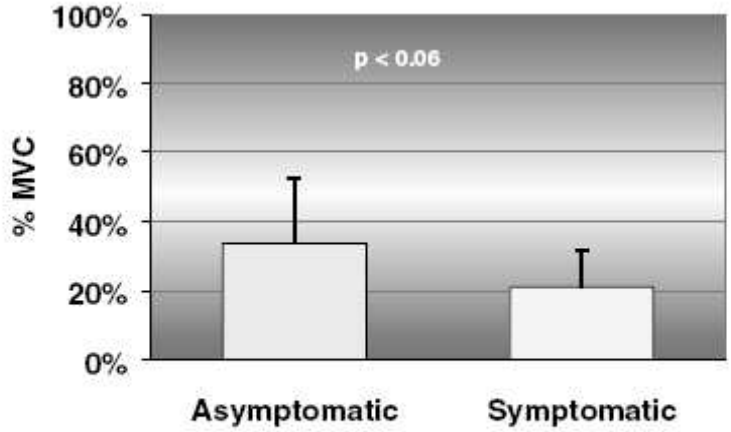


Figure 5 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the subscapularis muscle during the activity of heavy lifting.

Cio' che emerge dallo studio di KELLY et al, e' quindi che, durante il trasporto di pesi i pazienti sintomatici hanno una grande attivazione del trapezio superiore rispetto ai pazienti asintomatici. Cio' accadrebbe, come tentativo dei pazienti sintomatici, di assistere l'azione ruotando maggiormente la scapola.
Durante l'elevazione del braccio con 8 lb. i pazienti asintomatici mostrano un'aumentata attivazione del sottoscapolare comparandolo con i pazienti sintomatici. Questo suggerisce che i pazienti sintomatici non siano in grado di usare la contrazione del sottoscapolare sano durante l'elevazione del peso. Tali pazienti attivano molto il sovraspinato e il sottospinato e il trapezio superiore. Cosi' facendo continuano a lesionare i tendini della cuffia e innescano una alterata azione della muscolatura periscapolare ("spalluccia") durante l'elevazione, col risultato di compromettere la funzione.
I risultati ottenuti da KELLY sulla compromissione dell'attivazione della muscolatura periscapolare, trovano conforto anche dal lavoro svolto da MICHENER, per confrontare la quantita' dell'attivita' muscolare isometrica di trapezio superiore, medio, inferiore e del dentato anteriore, durante i test muscolari, in soggetti con dolore e funzionalita' di spalla ridotta.
In un interessante lavoro di HESS sono stati studiati i tempi di attivazione di sottoscapolare, sovraspinato e sottospinato, durante una rapida e improvvisa

rotazione esterna in due gruppi di soggetti: uno composto da dodici maschi con dolore alla spalla, di eta' media di 29,5 anni ed uno composto da undici maschi senza dolore e con eta' media di 32,5 anni.

E' stato riscontrato elettromiograficamente che nel gruppo di soggetti con dolore alla spalla, la riposta del sottoscapolare era ritardata rispetto al gruppo di soggetti senza dolore.

E' stato quindi messo in rilievo come in assenza di dolore, il muscolo sottoscapolare si attivi prima, rispetto al sovraspinato e al sottospinato, contrariamente a quanto avviene in presenza di dolore

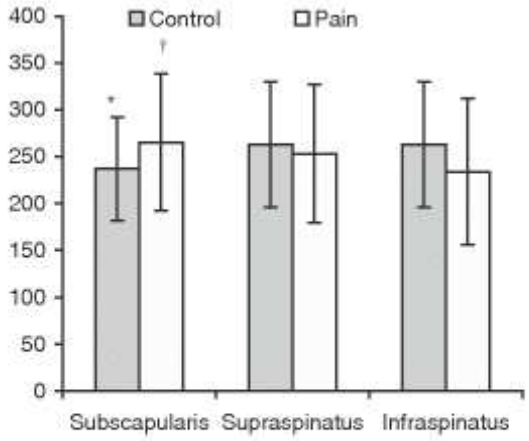


FIGURE 4. Graphical representation of the mean ± SD of the reaction time (in milliseconds) of the glenohumeral muscles during shoulder external rotation in sitting (†P = .0005 for subscapularis compared to infraspinatus in the pain group; *P = .0216 for subscapularis compared to infraspinatus in the control group).

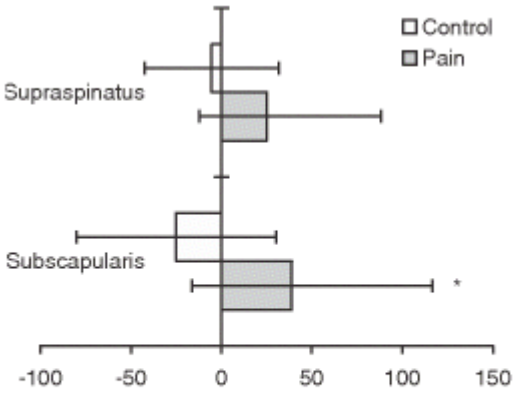


FIGURE 5. Graphical representation of mean ± SD of the relative latency from infraspinatus onset of EMG activity (0 ms) to the onset of subscapularis and supraspinatus EMG activity during shoulder external rotation in sitting (*P = .0001 for the control group compared to the pain group for subscapularis).

Nella spalla non sintomatica, e' inoltre emerso un tempo anticipatorio nell'attivazione del sottoscapolare rispetto all'inizio del movimento.
Tale tempo anticipatorio, pare possa contribuire alla stabilita' gleno-omerale aumentando la tensione dei legamenti gleno-omerali medio e inferiore, aumentando l'effetto barriera anteriormente alla testa omerale.
Nei soggetti con dolore alla spalla l'attivazione anticipatoria del sottoscapolare non avviene, ed entrambi i muscoli sovraspinato e sottospinato sono attivati prima del sottoscapolare.

Assenza di dolore

Con dolore

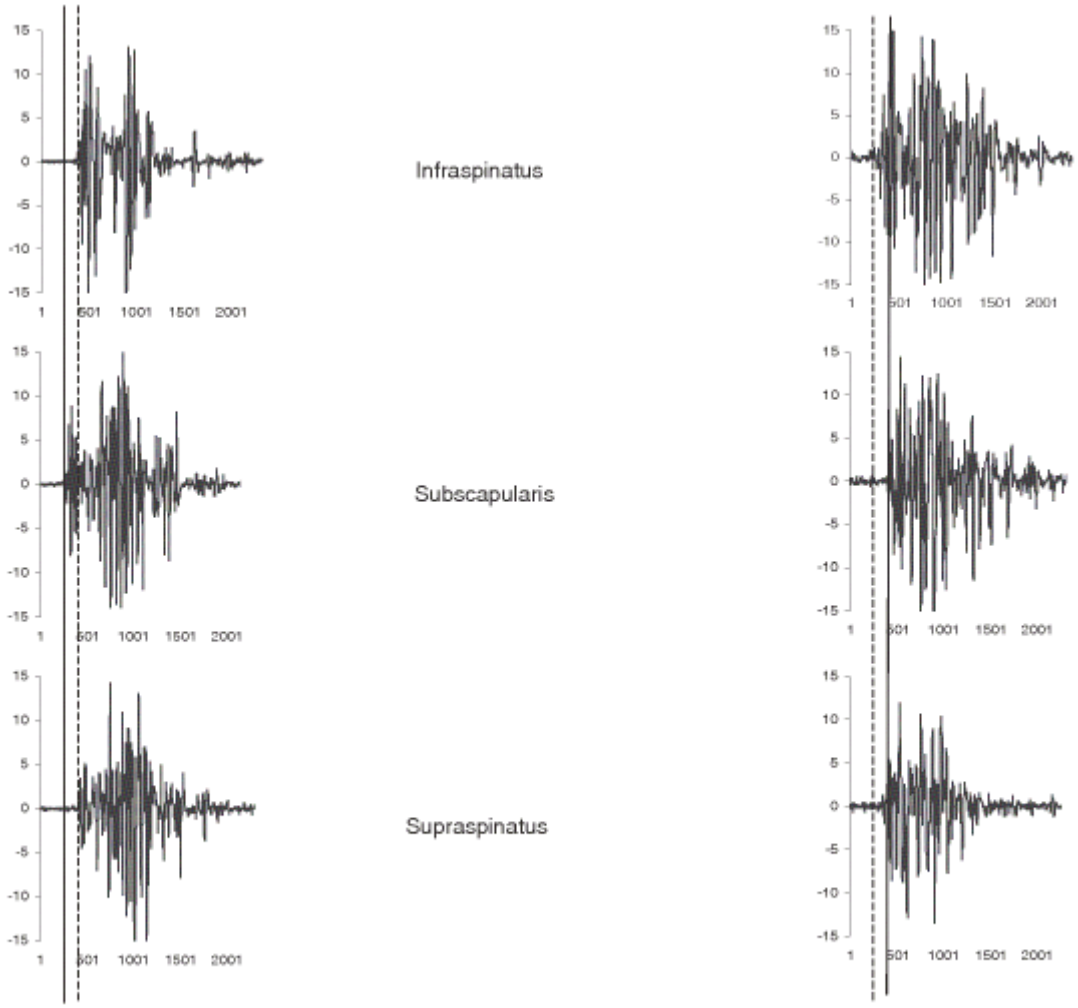


FIGURE 3. (a) EMG data of a representative subject without shoulder pain. The heavy line notes the onset of subscapularis EMG activity. The dashed line notes the onset of infraspinatus EMG activity. (b) EMG data of a representative subject with shoulder pain. The heavy line notes the onset of subscapularis EMG activity. The dashed line notes the onset of infraspinatus EMG activity.

L'attivazione anticipatoria del sottoscapolare rispetto agli altri muscoli della cuffia dei rotatori, conferma l'importanza del ruolo di supporto e protezione di tale muscolo nei confronti della articolazione gleno-omerale.

La differenza nell'attivazione del sottoscapolare nel gruppo sintomatico suggerisce la presenza di una disfunzione nell'attivazione dei gruppi muscolari che porterebbe alla perdita del loro ruolo di supporto per la articolazione.

I risultati di questo studio indicano che l'attivazione anticipata rispetto a quella degli altri muscoli della cuffia puo' essere preprogrammata, e forniscono quindi utili spunti per la pianificazione delle strategie rieducative.
Secondo STEENBRINK un deficit meccanico dovuto a rottura massiva della cuffia dei rotatori, concorre a indurre dolore e a ridurre la massima elevazione dell'arto. Il suo studio si propone di misurare la coordinazione dei muscoli della spalla in pazienti con lesioni massive di cuffia, compresi gli effetti successivi alla soppressione del dolore.
Sono stati presi in esame dieci pazienti di cui sei maschi e quattro donne, con eta' media di sessantuno anni e con rottura massiva di cuffia comprovata da RMN.

Patients' characteristics

Patient	Age	Gender	Tear	Origin	Duration (years)
1	69	Male	Supra-/and infraspinatus	Chronic	2
2	54	Female	Supraspinatus	Chronic	1.5
3	57	Male	Supraspinatus	Traumatic	1
4	50	Male	Supra-/and infraspinatus	Traumatic	2
5	72	Female	Supraspinatus	Chronic	0.5
6	60	Female	Supra-/ and infraspinatus	Chronic	1
7	61	Male	Supraspinatus	Traumatic	1
8	67	Male	Supra-/and infraspinatus	Traumatic	1.5
9	50	Female	Supraspinatus	Traumatic	2
10	66	Male	Supraspinatus	Traumatic	1

E' stato studiato come una infiltrazione sub-acromiale di lidocaina, induca una significativa riduzione del dolore e un significativo aumento della forza esercitata dal braccio.
Prima di ridurre il dolore, si osservava una anomala attivazione degli adduttori del braccio (porzione clavicolare del grande pettorale, gran dorsale e grande rotondo) durante l'abduzione, in otto pazienti sui dieci esaminati. Cinque di questi otto pazienti hanno in parte perso tale aberrante attivita' muscolare dopo la infiltrazione di lidocaina.
Nello studio e' stato inoltre evidenziato come l'assenza di forze dirette verso la glenoide dovuta alla perdita del sovraspinato, porti ad una forza destabilizzante

nell'articolazione gleno-omerale ad opera del deltoide, con conseguente traslazione della testa omerale verso l'alto e conseguente aumento di dolore, cio' spiega come l'attivita' del sovraspinato non serva solo a produrre una forza utile all'abduzione del braccio.
La coattivazione dei muscoli adduttori durante l'abduzione dell'arto, diviene quindi un meccanismo utile per frenare la risalita della testa dell'omero durante l'abduzione stessa, sacrificando la forza del braccio durante l'elevazione.

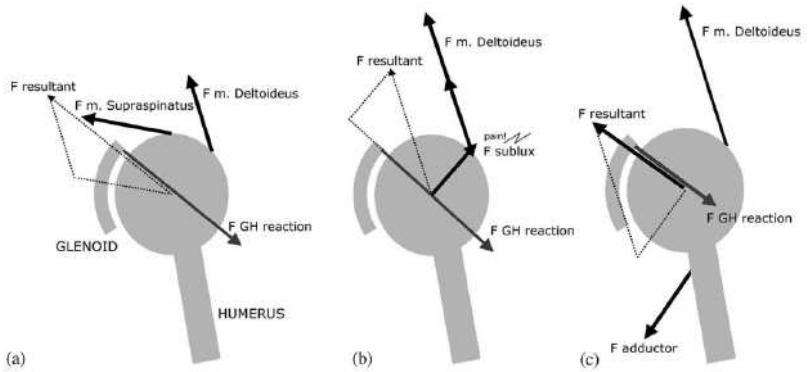


Fig. 4. Schematic representation of muscle contribution and resulting glenohumeral reaction forces in healthy subjects and patients suffering massive cuff tears. (a) Arm elevation in healthy subjects requires an abduction moment along with, glenohumeral force equilibrium, provided by the deltoideus muscles and the supraspinatus. The resultant force (summation of both force vectors; dotted lines) can fully be compensated by the glenoid resulting in a statically stable condition. (b) Compensation of the lost supraspinatus joint torque by the deltoideus is accompanied with an increased upward force, which can only partially be compensated by the glenoid. Without compensation for the remaining force vector, a (painful) upward glenohumeral translation (subluxation) is expected. (c) The upward directed pathological luxating force component prior to the lidocaine intervention can be compensated for by depressor/adductor muscles, e.g. teres major, latissimus dorsi and pectoralis major at the cost of reduction of nett abduction torque.

Il dolore pare essere il fattore chiave in questo meccanismo di evitamento, e cio' spiegerebbe la limitazione della forza del braccio e la limitazione della massima elevazione in pazienti sofferenti di patologie sub-acromiali. Mascherare questo dolore, puo' secondo STEEBRINK, contribuire a deteriorare i tessuti sub-acromiali, come risultato della migrazione della testa dell'omero e del conseguente impingement dei tessuti sub-acromial.
Nel suo lavoro emerge inoltre come l'infiltrazione sub-acromiale di lidocaina comporti una significativa riduzione del dolore, con VAS che da 7.7 passa a 0.9

e con conseguente incremento della forza esercitata che e' passata da 10.4 N a 15.7 N.

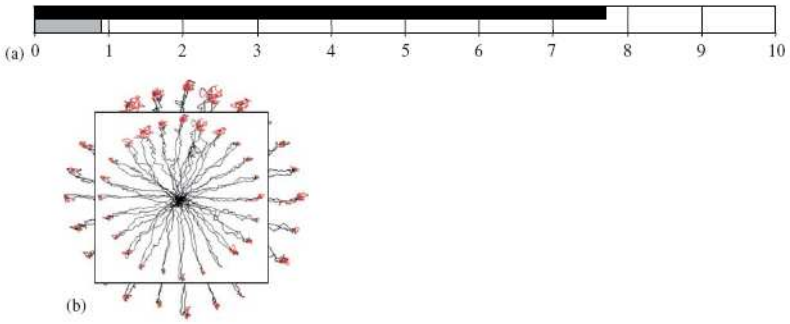


Fig. 2. Effects of lidocaine on pain and arm force: (a) pain scored on visual analogue scale; pain experience decreased significantly after subacromial lidocaine injection ($p = 0.00$), ■: pre-lidocaine, □: post-lidocaine and (b) arm force perpendicular to the humerus; exerted arm force increased significantly after subacromial lidocaine injection ($p = 0.00$).

L'uso di lidocaina produce dei cambiamenti nelle principali azioni, ma non consistenti per tutti i soggetti e non significativi per l'intero gruppo esaminato e la risposta dei muscoli adduttori al farmaco e' variabile tra paziente e paziente e tra muscolo e muscolo.
Cio' non permette di identificare statistiche differenze, nei patterns di attivazione nei muscoli di spalla prima e dopo l'uso del farmaco.
In un lavoro di McCULLY e' stato evidenziato come, lesioni a tutto spessore della cuffia dei rotatori comportino un aumento della motilita' della scapola. Per meglio spiegare tale meccanismo e' stato bloccato il nervo soprascapolare simulando una disfunzione di sovra e sottospinato; tendini spesso coinvolti nelle lesioni di cuffia.
Sovraspinato e sottospinato non controllano direttamente i movimenti della scapola, ma in presenza di una loro lesione si creano movimenti compensatori della scapola stessa, che pare servano per assistere l'elevazione del braccio.
Recentemente SVENDSEN ha dimostrato una relazione diretta tra i lavori ripetitivi, e la compromissione dell'elevazione del braccio, documentando con RMN i danni alla cuffia dei rotatori e proponendo una flow chart, che fornisce

un modello che collega la ripetuta elevazione del braccio alla potenziale lesione di cuffia.

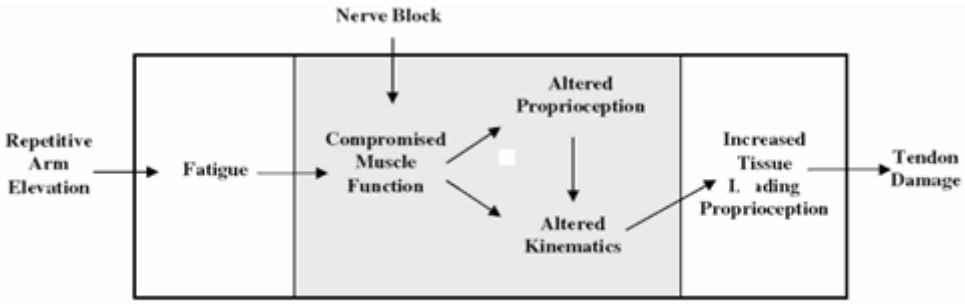


Fig. Flow chart illustrating one possible mechanism for how repetitive arm elevation may lead to tendon damage.

CONCLUSIONI

Lo scopo del lavoro di revisione della letteratura scientifica, e' stato quello di valutare quali sono i patterns di attivazione muscolare con cuffia sana, per valutare come cambiano in caso di lesione.
Gli effetti di una lesione di cuffia, comportano una cascata di eventi che devono necessariamente essere correlati tra loro e su cui la letteratura scientifica ancora non e' riuscita a fare completa luce. In presenza di sintomi alla spalla, spesso si associano alterazioni dei patterns di movimento.
Sebbene le alterazioni di tali patterns, nelle spalle si pensa che siano associati ai sintomi, ancora non e' chiaro come cio' avvenga.
Le patologie dello spazio sub-acromiale, sovente conducono ad impairment come dolore, alterata propriocezione e difetto di controllo motorio, con conseguenti squilibri nei pattern di attivazione muscolare sia a livello scapolo-toracico con conseguenze sul ritmo scapolare, sia a livello della muscolatura di cuffia con conseguenze sul mantenimento della centratura della testa dell'omero sulla glenoide durante i movimenti di elevazione dell'arto.
Il controllo neuro-motorio gioca un ruolo fondamentale, nel "sistema" spalla, poiche' permette il corretto svolgimento del movimento, garantendo la coordinazione tra i diversi gruppi muscolari e la centralita' tra i capi articolari. Un impairment a questo livello puo' quindi condurre ad alterazioni della cinematica della gleno-omerale e della scapolo-toracica.
Dalla letteratura analizzata e' emerso come il dolore abbia un ruolo nel modificare i tempi e l'intensita' di attivazione della muscolatura di cuffia e di quella peiscapolare.
In questa revisione, e' inoltre emerso come nella spalla sintomatica cambi l'orientamento della scapola; piu' precisamente si riduce il tilt posteriore e la rotazione esterna durante l'elevazione del braccio con conseguente riduzione dello spazio sub-acromiale.
Tale dato sembrerebbe determinato da una ridotta attivita' del dentato anteriore e da uno squilibrio di attivazione tra alto e basso trapezio.

Quindi se alla riduzione della "upward rotation" e all'incremento del "tipping anteriore", si aggiunge una risalita della testa omerale, come conseguenza del mancato centraggio della stessa ad opera della muscolatura di cuffia, risulta poi facile correlare tutto cio' con una sindrome da impingement sub-acromiale. Sono pero' necessari ulteriori studi, approfondimenti, e ricerche per chiarire come e quali alterazioni possano avvenire a carico dei pattern di attivazione muscolare in caso di lesione della muscolatura di cuffia, poiche' se da alcuni lavori emerge che il dolore puo' inficiare il controllo motorio e inibire l'attivazione muscolare, altri studi sembrano avvallare l'ipotesi che in presenza di lesione e dolore, si innescano meccanismi che anziche' ridurre, aumentano l'attivita muscolare di detti muscoli condizionando addirittura il decorso del problema.

B I B B L I O G R A F I A

- Albertoni DB, Spairani L, Ansaldi R, Parola E: Recenti acquisizioni nel trattamento delle problematiche della tibiotarsica. MRDM Universita' degli Studi di Genova 2007
- Andrews JR, et al: Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. Am J Sports Med 1985;13: 337-41
- Arceri D, Fusco A: Biomeccanica della spalla. MRDM Universita' degli Studi di Genova 2007
- Arceri D:Il cingolo scapolare: valutazione funzionale. MRDM Universita' degli Studi di Genova 2007
- Bigliani LH et al: The morphology of the Acromion and its relationship to rotator cuff tears. Am Shoulder and Elbow Surgeons 1986; 10:228
- Burkhart SS, Morgan CD, Ben Kibler W: The Disabled Throwing Shoulder: Spectrum of Pathology Part III: The SICK Scapula, Scapular Dyskinesis, the Kinetic Chain, and Rehabilitation. J Arthroscopic and Related Surgery 2003; 19: 641-661
- Burkhart SS: Fluoroscopic Comparison of Kinematic Patterns in Massive Rotator Cuff Tears: A Suspension Bridge Model. Clin Orthop 1992; 284: 144-152
- Burkhead WZ, Rockwood CA: Treatment of instability of the shoulder with an exercise program. J Bone Joint Surg 1992; 74: 890-896
- Ciuro A, De Hertog W: Il dolore somatico: aspetti neurofisiologici e comportamentali. MRDM Universita' degli Studi di Genova 2007
- Comeford MJ, Mottram SL: Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. Manual Ther 2001; 6(1): 3-14
- Comeford MJ, Mottram SL: Movement and stability dysfunction – contemporary developments. Manual Ther 2001; 6(1): 15-26

- Cools AM, Witvrouw EE, et al; Scapular Muscle Recruitment Patterns: Trapezius Muscle Latency with and without Impingement Symptoms. Am J Sports Med 2003; 31: 542-549
- Gowan ID, et al: A comparative EMG analysis of the shoulder during pitching: Professional vs. amateur pitchers. Am J Sports Med 1987; 15: 586-590
- Graichen H, Bonel H, Stammberger T, Haubner M, Rohrer H, Englmeier K, Reiser M, Eckstein F: Three-dimensional analysis of the width of the subacromial space in healthy subjects and patients with impingment syndrome. AJR 1999; 172: 1081-1086
- Harryman DT, Sidles JA, Clarck JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA: Translation of the humeral head on glenoid with passive gleno-humeral motion. J Bone Joint Surg 1990; 72: 1334-1343
- Hess SA, Richardson C, Darnell R, et al: Timing of Rotator Cuff Activation During Shoulder External Rotation in Throwers With and Without Symptoms of Pain. J Orthop Sports Phys Ther 2005; 35: 812-820
- Hickey BW, Milosavljevic S, Bell ML, Milburn PD: Accurancy and reliability of observational motion analysis in identifying shoulder symptoms. Manual Ther. 2007; 12: 263-270
- Hodges PW, Moseley GL: Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanism. J Electromyography Kinesiology 2003; 13: 361-370
- Hodges PW: Is there a role for the transverses abdominis in lumbopelvic stability? Manual Ther. 1999; 4: 74-86
- Hundza SR, Zehr EP; Muscle activation and cutaneus reflex modulation during rhythmic and discrete arm tasks in orthopaedic shoulder instability. Exp Brain Res 2007;179: 339-351
- Inman VT, et al: Observation on the function of the shoulder joint. J Bone Joint Surg Am 1944; 26: 1-30

- Itoi E, et al: Stabilizing function of the biceps in stable and unstable shoulders. J Bone Joint Surg Br 1993; 11: 3-5
- Jobe FW, Pink M; Classification and Treatment of Shoulder Disfunction in the Overhead Athlete. J Ortop Sports Phys Ther 1993; 18: 427-432
- Kamkar A, Irrgang JJ, Whitney SL; Nonoperative Management of Secondary Shoulder Impingement Syndrome. J Ortop Sports Phys Ther 1993; 17: 212-224
- Kelkar R, Wang VM, Flatow EL, Newton PM, Ateshian GA, Bigliani LU, Pawluk RJ, Mow VC: Glenohumeral mechanics: a study of articular geometry contact and kinematics. J Shoulder Elbow Surg 2001; 10: 73-84
- Kelly BT, Williams RJ, Cordasco FA, et al: Differential patterns of muscle activation in patients with symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears. J Shoulder Elbow Surg 2005; 14: 165-171
- Kumar VP, et al: The role of the long head of the biceps brachii in the stabilization of the humerus. Clin Orthop 1989; 244: 172-5
- Laursen B, Sogaard K, Sjogaard G: Biomechanical model predicting electromyographic activity in three shoulder muscles from 3D kinematics and external forces during cleaning work. Clinical Biomechanics 2003; 18: 287-295
- Ludewig PM, Cook TM: Alteration in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With Symptoms of Shoulder Impingement. Physical Therapy 2000; 80: 276-291
- Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennet B: Comparision of 3-Dimensional Scapular Position and Orientation Between Subjects With and Without Shoulder Impingement. J Orthop Sports Phys Ther 1999; 29: 574-583
- Mantone JK, Burkhead WZ, Noonan J: Nonoperative treatment of rotator cuff tears. Orthopedic Clinics North America 2000; 31: 295-311

- McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A: Shoulder Function and 3-Dimensional Kinematics in People With Shoulder Impingement Syndrome Before and After a 6-Week Exercise Program. Physical Therapy 2004; 84: 832-848
- McCully SP, Suprak DN, Kosek P, Karduna AR; Suprascapular nerve block disrupts the normal pattern of scapular Kinematics. Clin Biomechanics 2006; 21: 545-553
- McLean L: The effect of postural correction on muscle activation amplitudes recorded from the cervicobrachial region. J Electromyography Kinesiology 2005; 15: 527-535
- Michener LA, Boardman ND, Pidcoe PE, Frith AM: Scapular Muscle Test in Subjects With Shoulder Pain and Functional Loss: Reliability and Construct Validity. Physical Therapy 2005; 85: 1128-1138
- Neer CS: Impingement lesions. Clin Orthop 1972;173: 70-7
- Ogata S, et al: Acromial enthesopathy and rotator cuff tear. Clin Orthop 1990; 254: 39-48
- Ozaki J et al: Tears of the rotator cuff of the shoulder associated with pathological changes in the acromion. J Bone Joint Surg Am 1988; 70: 1224-1230
- Patte D: Classification of Rotator Cuff Lesions. Clinic Orthop. 1990; 25: 81-86
- Rodosky MW, et al: The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. Am J sports Med 1994 ; 22 : 121-30
- Sarkar K, et al: The ultrastructure of the coracoacromial ligament in patients with chronic impingement syndrome. Clin Orthop 1990; 254: 49-54
- Steenbrink F, De Groot JH, et al; Pathological muscle activation patterns in patients with massive rotator cuff tears, with and without subacromial anaesthetics. Manual Ther 2006; 11: 231-237

- Sterling M, Jull G, Wright A: The effect of musculoskeletal pain on motor activity and control. J Pain 2001; 2: 135-145
- Warner JJP, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R: Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. Am J Sports Med 1990; 18: 366-375
- Wilk KE, Andrews JR, Arrigo CA, et al: The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. Am J Sports Med 1993 ;21: 61-66
- Wilk KE, Meister K, Andrews JR: Current concepts in the rehabilitation of overhead throwing athlete. Am J Sports Med 2002; 30: 136-151
- Zhang LQ, Makhsous M, Lin F, et al: Biomechanical Analysis of Partial Thickness Tear of the Supraspinatus Tendon Under Static and Dynamic Loading. 4° Meeting Int Shoulder Group, Cleveland, OH, June 17-18, 2002;