



Università degli studi di Genova
Facoltà di Medicina e Chirurgia
MASTER IN
RIABILITAZIONE DEI DISORDINI MUSCOLOSCHELETRICI
in collaborazione con la Libera Università di Bruxelles

**“Effetti dell'artropatia concentrica ed eccentrica di spalla
sui pattern di attivazione muscolare della cuffia dei
rotatori e su quelli della muscolatura scapolo-toracica”**

Relatore:

Enrico Marcantoni

Candidata:

Roberta Bonino

Anno Accademico 2008 – 2009

Indice:

1. Abstract	Pag. 3
2. Introduzione	Pag. 5
3. Materiali e metodi	Pag. 7
4. Anatomia, biomeccanica e pattern di attivazione muscolare della spalla sana	Pag. 8
a. La cuffia dei rotatori	Pag. 8
b. Il ritmo scapolo-omeroale	Pag. 10
c. Pattern di attivazione muscolare	Pag. 11
5. Osteoartrosi di spalla	Pag. 20
a. Artropatia concentrica	Pag. 20
b. Artropatia eccentrica	Pag. 24
6. Conclusioni	Pag. 33
7. Bibliografia	Pag. 36

1. Abstract

Background: l'osteoartrosi (OA) gleno-omeroale è una patologia degenerativa caratterizzata da gonfiore, rigidità, dolore, diminuzione della forza e perdita di range di movimento. Si distingue l'OA concentrica dove il processo degenerativo avviene in assenza di lesioni della cuffia dei rotatori che preservano quindi il centraggio della testa omerale nella cavità glenoidea ed eccentrica nella quale si ha lo sviluppo di lesioni a livello della cuffia con un conseguente deficit nella funzione stabilizzatrice, successiva migrazione della testa omerale verso l'arco coraco-acromiale e conseguente degenerazione artrosica.

Scopo: eseguire un'analisi descrittiva delle due condizioni patologiche, analizzare i pattern di attivazione muscolare della cuffia dei rotatori e della muscolatura scapolo-toracica e le alterazioni correlate nelle artropatie concentriche ed eccentriche.

Metodo: utilizzo di database quali Pubmed e la banca dati dell'Ateneo dell'Università di Genova. Alcune parole chiave utilizzate sono state: muscle activation, muscle activity, shoulder, rotator cuff, osteoarthritis, shoulder pain, scapular kinematics, alteration in muscle recruitment pattern, scapulohumeral rhythm.

Sono stati selezionati 14 full text e 11 abstract in lingua inglese e principalmente dall'anno 2002 al 2010.

Risultati: Nell'OA concentrica il dolore e la riduzione dell'articolartà gleno-omeroale sono compensati da una maggiore motilità scapolo toracica, con un incremento di attivazione delle fibre superiori del trapezio combinate con una

ridotta attivazione del serrato anteriore ed un incremento della traslazione superiore della scapola.

Nell'OA eccentrica il deficit del sopraspinato è compensato dal deltoide il quale però realizza una maggiore forza lussante diretta superiormente, compensata a sua volta dai muscoli adduttori/depressori che generano forze stabilizzatrici della testa omerale, in assenza di un'intatta cuffia dei rotatori. Le alterazioni scapolari, come l'incremento dell'upward rotation, hanno lo scopo di preservare la maggiore escursione possibile.

Conclusioni: la letteratura relativa alle alterazioni dei pattern di reclutamento muscolare della cuffia dei rotatori e della muscolatura scapolo toracica nell'artropatia concentrica è scarsa. Per quanto riguarda l'OA correlata a lesione della cuffia dei rotatori vi sono tuttora dei concetti poco compresi come il reale coinvolgimento dei meccanismi compensatori correlati al deficit di cuffia e l'associazione tra il dolore e l'alterato pattern cinematico.

2. Introduzione

L'osteoartrosi (OA) nell'articolazione gleno-omeroale è una patologia degenerativa che aumenta con l'età e può condurre a dolore e disabilità.

È molto meno frequente rispetto a quella dell'anca, data la diversa funzione nella gestione dei carichi e la differente distribuzione delle forze, inoltre la sua presenza si accompagna solitamente a cause non immediatamente riconoscibili, quali importanti traumi pregressi, storia di lussazioni recidivanti o lesioni massive della cuffia dei rotatori.

Nel'OA concentrica si verifica un processo degenerativo in assenza di lesioni della cuffia dei rotatori che quindi preservano il centraggio della testa omerale nella cavità glenoidea. Tale processo degenerativo articolare in questa sede si presenta in modo più frequente con dolore, anche se non acuto come nelle forme infiammatorie, scatenato dal movimento ed accompagnato da scrosci e talvolta da veri e propri blocchi articolari. Il dolore proveniente da questa articolazione è solitamente riferito a tutto il complesso spalla e si accompagna ad una significativa riduzione dell'articolarietà gleno-omeroale che viene compensata da una maggiore motilità scapolo toracica.

Un'altra condizione da considerare è l'artropatia gleno-omeroale da lesione della cuffia dei rotatori, ovvero l'artropatia eccentrica, che vede invece lo sviluppo di lesioni a livello della cuffia con un conseguente deficit nella funzione stabilizzatrice e successiva migrazione della testa omerale verso l'arco coraco-acromiale. Le conseguenze di queste alterazioni comportano nel tempo un coinvolgimento della testa omerale e della cavità glenoidea in processi erosivi probabilmente causati da una combinazione di fenomeni meccanici e nutritivi che agiscono a livello della cartilagine gleno-omeroale.

L'incidenza di lesioni cartilaginee gleno-omerali in soggetti con lesione completa della cuffia dei rotatori è riportata tra i 7% ed il 28%¹⁸.

Il dolore da patologia degenerativa è un tipo di dolore che spesso diminuisce, almeno parzialmente, con il riposo funzionale e si acutizza con l'uso, in particolar modo quando l'arto viene portato in posizione overhead. Il punto di massimo dolore caratteristico dell'artrosi gleno-omeroale è nel tratto intermedio di abduzione ed elevazione anteriore e cioè dove sono evidenziati i maggiori carichi compressivi articolari.

Lo scopo di questo studio è quello di eseguire un'analisi descrittiva delle due condizioni patologiche, analizzare i pattern di attivazione muscolare della cuffia dei rotatori e della muscolatura scapolo-toracica e le alterazioni correlate nelle artropatie concentriche ed eccentriche.

3. Materiali e metodi

La ricerca è stata eseguita attraverso la consultazione di Pubmed e della banca dati dell'Ateneo dell'Università di Genova. E' stato inoltre consultato il database di PEDro ma con scarsi risultati.

Sono stati utilizzati articoli in lingua inglese, principalmente dal 2002 al 2010.

Le parole chiave utilizzate sono state: muscle activation, muscle activity, muscular pattern, shoulder, shoulder joint, rotator cuff, osteoarthritis, joint disease, shoulder degenerative disease, shoulder pain, scapular kinematics, alteration in muscle recruitment pattern, alteration in shoulder kinematic, shoulder concentric arthropaty, shoulder eccentric arthropaty, scapulohumeral rhythm.

Sono stati contattati gli autori di alcuni articoli selezionati per i quali non era disponibile il testo integrale e per loro gentile concessione è stato possibile consultarne l'intero contenuto.

I risultati ottenuti da tale ricerca sono successivamente stati analizzati al fine di selezionare gli articoli maggiormente inerenti all'argomento trattato, in particolare 14 full text e 11 abstract .

4. Anatomia, biomeccanica e pattern di attivazione muscolare della spalla sana

La spalla è costituita da tre articolazioni “vere”, la gleno-omeroale, la sterno-clavicolare e l’acromion-clavicolare, e da due “pseudo-articolazioni”, la sotto-deltoidea e la scapolo-toracica, essendo il complesso articolare più mobile del corpo umano è anche il più instabile.

La biomeccanica articolare della spalla è pesantemente condizionata dalle strutture passive (labro glenoideo e strutture capsulo-legamentose) e dalle strutture attive (muscoli, controllo neuromotorio e propriocezione).

a. La cuffia dei rotatori

La cuffia dei rotatori è costituita da quattro muscoli: sottoscapolare, sopraspinato, sottospinato e piccolo rotondo. Hanno una duplice funzione: stabilizzare la testa dell’omero nella glena ed eseguire in sinergia con altri muscoli i movimenti dell’omero³.

Sottoscapolare:

è un potente intrarotatore in tutte le posizioni dell’omero. Presenta inoltre una componente abduktoria nella sua parte superiore: è stato dimostrato che il contributo del sottoscapolare è maggiore con l’omero in extrarotazione mentre se l’omero è in intrarotazione si ha una maggiore efficienza del sottospinato¹⁴.

Sottospinato:

è il principale extrarotatore in tutte le posizioni assunte dall'omero ed è strettamente associato sia strutturalmente sia funzionalmente al piccolo rotondo. Contribuisce inoltre all'abduzione soprattutto con i suoi fasci superiori e con l'omero in intrarotazione¹⁴.

Piccolo rotondo:

è un adduttore ed un extrarotatore dell'omero e contribuisce all'opposizione della traslazione superiore della testa omerale da parte del deltoide.

Soprascinato:

è principalmente un'abduktore dell'articolazione gleno-omeroale e lavora in sinergia con il deltoide. Il braccio di leva del soprascinato è di circa 25 mm con il braccio addotto e diminuisce aumentando l'abduzione, mentre il braccio di leva del deltoide (medio) è di 14 mm con il braccio addotto, supera il braccio di leva del soprascinato attorno ai 40° di abduzione e raggiunge i 32 mm a 60°. Da questi dati Otis e coll.¹⁴ hanno concluso che il soprascinato è lo starter dell'abduzione mentre il deltoide è preponderante nei gradi più elevati del movimento. Questa ipotesi è ulteriormente confermata dallo studio di Thompson e coll.²² i quali hanno dimostrato che il deltoide per effettuare l'abduzione senza l'aiuto del soprascinato necessita di un incremento di forza del 101% nei primi gradi, dato il braccio di leva sfavorevole, mentre dopo i 60°, per il notevole incremento dello stesso, lo sforzo richiesto era solo leggermente superiore.

b. Ritmo scapolo-omerale

È il rapporto esistente tra l'articolazione gleno-omerale e la scapolo-toracica. L'elevazione dell'arto in soggetti sani raggiunge i 180°. Nei primi 30° di abduzione si realizza principalmente un movimento da parte dell'articolazione gleno-omerale mentre la scapolo-toracica viene coinvolta nei gradi successivi: dai 30° ai 90° il rapporto tra gleno-omerale e scapolo-toracica è di 2:1, oltre i 90° tale rapporto diventa di 1:1 (Fig.1).

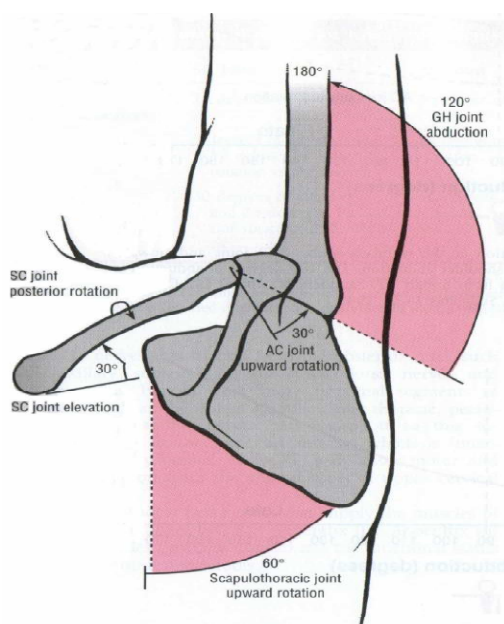


Fig. 1 Arceri e coll. da slide MRDM

La posizione scapolare sul torace e il suo controllo durante il movimento è una componente critica nel normale funzionamento della spalla. Essa allinea la fossa glenoidea con la testa omerale massimizzando la congruenza articolare e fornendo una base stabile per i movimenti dell'omero. Durante i movimenti overhead la scapola esegue una upward rotation, che è il movimento scapolo toracico predominante, ed un tilt posteriore sul torace (Fig. 2).

La cinematica scapolo-toracica coinvolge anche il movimento delle articolazioni sterno-clavicolari (SC) e acromion-clavicolari (AC).

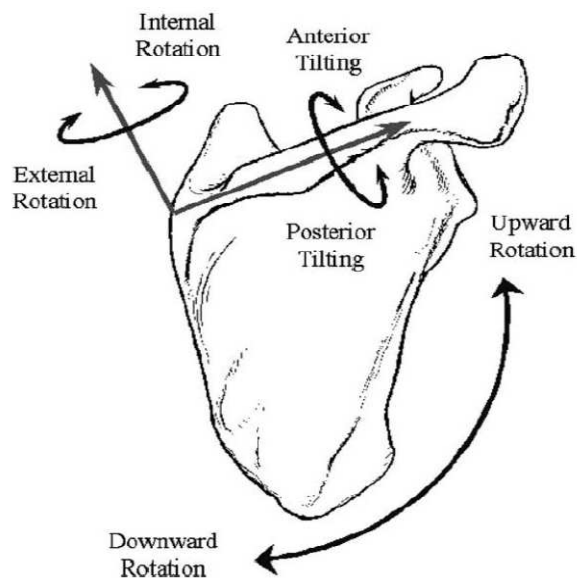


Fig. 2 Arceri e coll. da slide MRDM

c. Pattern di attivazione muscolare:

Attraverso l'elettromiografia si è riusciti, dagli studi classici di Inman nel 1944 ad analizzare l'attività muscolare.

Alcuni autori hanno studiato simultaneamente la cinematica e l'attività EMG al fine di correlare lo stato funzionale dei muscoli con i movimenti della scapola. I dati in letteratura sono variabili per quanto riguarda il posizionamento degli elettrodi, le differenti tecniche di normalizzazione e l'interpretazione dei dati EMG quali la lunghezza muscolare, la velocità ed il tipo di contrazione, ma nonostante i vari approcci utilizzati c'è un consensus generale circa la funzione ed il ruolo dei muscoli scapolari durante i movimenti dell'arto¹⁶.

Cuffia dei rotatori

La co-contrazione dei muscoli della cuffia dei rotatori contribuisce alla stabilità dinamica della spalla realizzando una “compressione” della testa omerale contro la cavità glenoidea (concavity compression). Questa compressione è necessaria al fine di contrastare efficientemente la forza orientata superiormente prodotta dai più grandi gruppi muscolari della spalla, quale il deltoide, mantenendo la centratura della testa omerale durante i movimenti dell'arto superiore (Fig. 3).

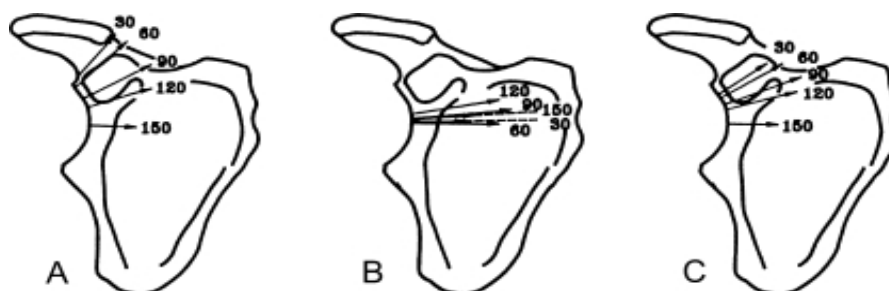


Fig. 3

Forza vettoriale risultante del deltoide (A), sopraspinato (B) e combinazione deltoide-sopraspinato (C) durante l'elevazione dell'arto da 30° a 150°. Si nota la forza vettoriale del deltoide (A) orientata superiormente dai 30° ai 120° di elevazione. Il sopraspinato (B) fornisce una forza compressiva che centralizza la testa omerale entro la fossa glenoidea in tutto il range di movimento. (Rockwood CA, Matsen FA, eds, *The Shoulder*, Morrey BF, Itoi, E, An KA, Biomechanics of the shoulder, 233–276, Copyright WB Saunders 1998).

Nell'articolazione gleno-omerale il sopraspinato è il primo motore nell'abduzione omerale e lavora in sinergia con il deltoide. Sottoscapolare, infrapinato e piccolo rotondo hanno una linea di azione diretta inferiormente al fine di compensare la componente di traslazione superiore del deltoide,

importante specialmente nel primo range quando la sua forza vettoriale è diretta principalmente superiormente (Fig.4). E' stato dimostrato che l'assenza di attività del sopraspinato non influenza la traslazione della testa omerale²⁰. Un corretto equilibrio di forze tra la cuffia dei rotatori, diretta inferiormente, ed il deltoide, si traduce in una minima traslazione superiore (1-2 mm) della testa omerale durante l'elevazione dell'arto mentre l'infraspinato ed il piccolo rotondo producono un'extra rotazione omerale.

Le attività che producono elevati livelli di attivazione del deltoide in relazione all'attività del sopraspinato possono essere nocive in pazienti con dolore di spalla, debolezza della cuffia dei rotatori ed inefficiente stabilizzazione dinamica. Ciò è dovuto ad una maggiore quantità di migrazione superiore della testa omerale che avviene quando la cuffia dei rotatori non fornisce un'adeguata compressione al fine di neutralizzare il pull deltoideo¹⁷.

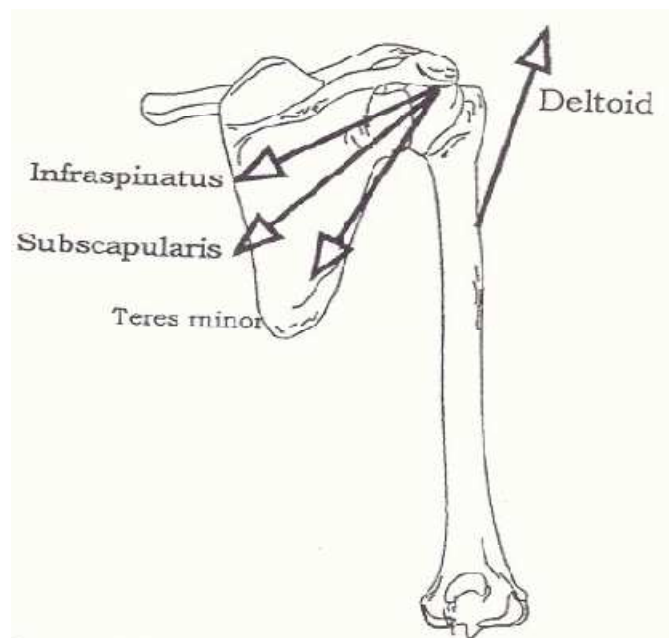


Fig. 4 Arceri e coll.
da slide MRDM

Muscolatura scapolo-toracica:

Il normale movimento 3D della scapola durante l'elevazione dell'arto è un momento critico per la preservazione dello spazio subacromiale, per il mantenimento del normale ritmo gleno-omeroale, per massimizzare la relazione lunghezza-tensione del deltoide e per massimizzare il movimento omeroale disponibile relativamente al torace.

Inman, Sauders e Abbott¹⁶, studiando i dati EMG, descrissero il trapezio superiore ed inferiore ed il serrato anteriore inferiore come i primi motori per l'upward rotation scapolare mentre i romboidi e l'elevatore della scapola, che eseguono una downward rotation, mostrano un più basso livello di attivazione, presumibilmente per resistere sinergicamente alle forze di traslazione laterale del serrato anteriore.

Molti autori concordano sul fatto che una debolezza di uno o più upward rotators scapolari possono causare un disequilibrio nelle coppie di forze scapolari portando ad un'alterata cinematica.

In generale i muscoli scapolo toracici non devono unicamente produrre un'upward rotation durante l'elevazione dell'arto, ma devono inoltre resistere al movimento di downward rotation presumibilmente prodotto per contrastare l'azione dei muscoli gleno-omeroali (deltoide e cuffia dei rotatori) agenti sulla scapola.

Il trapezio medio ed inferiore è idealmente adatto per la stabilizzazione scapolare e l'extrarotazione. Il trapezio medio ha solo un piccolo momento per l'upward rotation e probabilmente è successivamente più attivo per compensare le traslazioni laterali del serrato anteriore. Il trapezio inferiore è l'unico che può sostanzialmente ruotare verso l'alto la scapola. Tuttavia è da

tenere in considerazione che i relativi momenti cambiano in base al range di movimento di elevazione dell'arto.

Il trapezio superiore ha primariamente la capacità di elevazione e retrazione della clavicola a livello dell'articolazione SC.

Globalmente il trapezio in toto si è visto essere più attivo durante l'abduzione se comparato con la flessione, ciò è coerente con la minor rotazione interna scapolare presente in abduzione sul piano scapolare se comparato alla flessione.

Il serrato anteriore è l'unico muscolo tra quelli scapolo-toracici che ha l'abilità di contribuire a tutte le componenti del normale movimento tridimensionale della scapola sul torace durante l'elevazione dell'arto, in particolare può produrre l'upward rotation, il tilt posteriore e l'extrarotazione mentre stabilizza il bordo vertebrale e l'angolo inferiore della scapola al torace prevenendo così il fenomeno delle scapole "alate"

Il piccolo pettorale, può produrre una downward rotation, una rotazione interna ed un tilt anteriore della scapola. Tali movimenti sono opposti a quelli richiesti durante l'elevazione dell'arto, di conseguenza, eccessive tensioni attive o passive potrebbero contribuire ad alterare la cinematica scapolare durante l'elevazione dell'arto.

In uno studio di Wickham e coll.²³ è stata studiata l'attività elettromiografica allo scopo di stabilire i pattern di attività muscolare sia dal punto di vista

temporale (onset, tempo per l'ampiezza massima e fine) che di intensità (percentuale di massima contrazione isometrica volontaria) in 15 muscoli durante movimenti dinamici di abduzione/adduzione in un gruppo di 24 pazienti con spalle non patologiche.

I risultati delle variabili temporali (onset, picco di intensità muscolare e termine di attività muscolare) mostrarono che:

per quanto riguarda l'**onset** muscolare il sopraspinato, il trapezio medio ed il deltoide medio venivano mediamente attivati prima dell'inizio del movimento mentre il grande pettorale è l'ultimo ad attivarsi, quasi un secondo dopo l'inizio del movimento (che equivale a circa 26.2° di abduzione). Il sopraspinato, data la sua precoce attivazione, è visto come un iniziatore del movimento, tale risultato se si confronta con il deltoide medio, sebbene non significativo, è inoltre coerente con il maggiore braccio di leva durante la fase iniziale di abduzione.

La precoce attivazione del trapezio medio stabilizza la scapola e fornisce una base stabile al fine di consentire la generazione di forza da parte dei muscoli scapolo-omerale.

L'onset del serrato anteriore e del trapezio superiore appena dopo l'inizio del movimento riflette il loro duplice ruolo quali upwards rotators e stabilizzatori al fine di prevenire qualunque azione di downward rotation scapolo-toracica da parte del deltoide medio.

Di particolare interesse è l'onset ritardato di sottoscapolare ed infraspinato. Questi muscoli della cuffia dei rotatori contrastano l'indesiderata trazione verso l'alto esercitata dal deltoide sull'omero, in particolare nelle prime fasi di elevazione, le loro linee di azione promuovono la compressione articolare e quindi la stabilizzazione della testa omerale. I risultati di tale studio indicano

che l'azione di stabilizzazione di questi muscoli non è necessaria finché l'arto non abbia mosso circa 10°. Probabilmente la funzione secondaria del sopraspinato come depressore della testa omerale è sufficiente per compensare tutte le forze traslatorie superiori indesiderate da parte del deltoide medio durante queste fasi iniziali di abduzione.

La media dei risultati per il periodo del **picco di intensità muscolare** (i gradi nel range di movimento nei quali è stata registrata la maggiore ampiezza) ha indicato che gli stessi tre muscoli che hanno visualizzato un onset prima dell'inizio del movimento (sopraspinato, trapezio medio e deltoide medio) fossero inoltre i primi tre muscoli, nello stesso ordine, a raggiungere prima la loro intensità di punta nel movimento di abduzione, in particolare il picco di intensità per il sopraspinato è a 88° e del deltoide medio è a 105° di abduzione. Da una prospettiva biomeccanica non è sorprendente registrare la maggior ampiezza del sopraspinato intorno ai 90° poiché corrisponde all'angolo dove sono registrati i maggiori carichi compressivi articolari.

L'altra variabile dipendente temporale analizzata è il **termine di attività muscolare** (quando l'attività muscolare cade sotto lo stesso livello di intensità di soglia di quella usata per la determinazione di inizio). I risultati hanno indicato che sebbene il sopraspinato fosse l'ultimo muscolo a cessare l'attività (a 10° prima che il braccio ritornasse nella posizione di partenza) soltanto il grande pettorale veniva disattivato in una fase precedente (32,1°). E' stato quindi confermato che i muscoli/segmenti con un'attivazione precoce avevano anche una disattivazione tardiva.

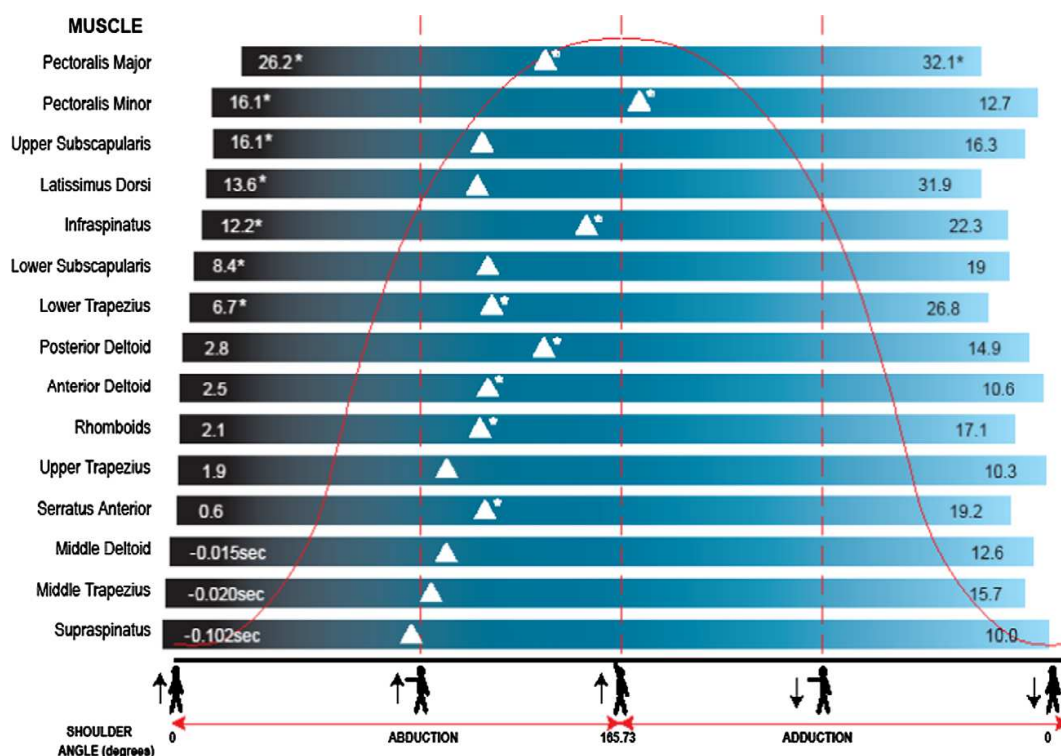


Fig. 5 Graphical representation of average muscle activity encompassing onset, peak and termination of the 24 participants during the dynamic shoulder joint abduction/adduction movement. Duration of muscle/segment activation is represented by the length of the bar with muscles ordered from earliest to latest activated. Onset has been expressed in seconds before the movement began or degrees after the start of the movement with termination expressed in degrees before the arm finished back in the starting position. Note the early activation and peak intensity of supraspinatus. Triangles represent the time of peak intensity. The * symbol represents significant differences ($p < .05$) in the time of onset, peak intensity or offset in relation to supraspinatus according to One Way Repeated Measures ANOVA Post hoc comparison procedure (Holm–Sidak method). (Quantifying ‘normal’ shoulder muscle activity during abduction - James Wickham, Tania Pizzari, Katie Stansfeld, Amanda Burnside, Lyn Watson).

Variabili di intensità (MVC : abduction maximum voluntary isometric contraction):

In generale è stata osservata un’alta intensità di contrazione in tutto il movimento di abduzione nei “prime-movers” gleno-omerali e scapolo-toracici quali deltoide anteriore e medio, sopraspinato, serrato anteriore, romboidi e

trapezio superiore, medio ed inferiore, mentre i risultati indicano un valore significativamente basso della percentuale di MCV per i muscoli stabilizzatori della cuffia dei rotatori, infraspinato e sottoscapolare, se comparati con il sopraspinato. Ciò indica che questi muscoli non sono tenuti ad esercitare grandi forze sull'omero allo scopo di mantenerlo centrato nella glenoide (Fig.5).

5. Osteoartrosi di spalla

Le alterazioni degenerative nell'articolazione gleno-omeroale sono relativamente poco comuni se paragonate a quelle che colpiscono le articolazioni di carico, come anca e ginocchio, tuttavia l'osteoartrosi (OA) nell'articolazione gleno-omeroale è una patologia degenerativa che aumenta con l'età e può condurre a dolore e disabilità.

Possono essere coinvolte tutte e quattro le articolazioni del cingolo scapolare anche se l'articolazione gleno-omeroale risulta essere quella maggiormente sintomatica.

L'eziologia e l'intensità dei sintomi variano da un paziente all'altro anche se il gonfiore, la rigidità, il dolore, la diminuzione della forza e la perdita di range di movimento sono citati quali sintomi predominanti.

La precisa patogenesi dell'OA gleno-omeroale non è chiara sebbene fattori sistemici e genetici così come stress funzionale sono stati implicati nel suo sviluppo, in aggiunta è stata suggerita da numerosi studiosi, una forte associazione tra OA gleno-omeroale e lesione o atrofia della cuffia dei rotatori.

a. Artropatia concentrica

Una teoria sulla patomeccanica dell'OA gleno-omeroale è stata proposta da Neer¹³ e suggerisce che tale patologia inizia con un deficit di cartilagine articolare seguita da un lento e progressivo deterioramento con conseguente incongruità delle superfici articolari.

Secondo gli studi di Neer i risultati patologici inerenti l'OA di grado avanzato sono caratteristici e costanti ed apparentemente prodotti dalle forze di compressione sulla cartilagine. La lesione consta di sclerosi, perdita di

cartilagine a livello della glenoide e nella porzione della testa omerale che è in contatto con la glenoide stessa quando l'arto è abdotto tra i 60° ed i 100°, presenza di osteofiti marginali a livello della testa omerale, i quali risultano particolarmente di grandi dimensioni inferiormente a causa del progressivo allargamento della testa omerale e dell'appiattimento della glenoide.

Il dolore si pensa essere causato principalmente dall'incongruenza della testa omerale.

In uno studio di Kerr e coll.⁷ è stata studiata l'OA gleno-omerale al fine di stabilire il pattern e la distribuzione di tale condizione patologica esaminando sia cadaveri che pazienti. Le degenerazioni esaminate comprendevano:

- Omero: osteofiti dei margini articolari, sclerosi della testa omerale, irregolarità della superficie articolare, alterazioni di natura entesopatica a livello delle tuberosità, del solco bicipitale e del collo anatomico.
- Scapola : osteofiti a livello dei margini della glenoide, della regione subacromiale ed adiacenti all'articolazione acromion-claveare, sclerosi negli stessi siti sopraelencati, irregolarità delle superfici articolari.

Sono stati esaminati 74 omeri e 92 scapole da cadaveri che non presentavano fratture adiacenti e 50 pazienti con età pari o superiore ai 60 anni.

Sulla base dei dati ricavati dai cadaveri il più frequente cambiamento degenerativo osservato è stato la formazione di osteofiti lungo il margine articolare della testa omerale e sulla linea di inserzione del labro glenoideo, con una maggiore prevalenza nell'aspetto anteriore ed inferiore del margine articolare omerale e lungo i 2/3 della circonferenza della fossa glenoidea. Radiograficamente gli osteofiti della testa omerale erano meglio visibili durante l'extrarotazione e si estendevano a ponte dal margine inferiore dell'osso stesso. Una seconda alterazione degenerativa è la sclerosi focale o

globale della superficie articolare della testa omerale. Tale alterazione era principalmente evidente nella porzione media e superiore della testa omerale, cioè nell'area di contatto con la fossa glenoidea quando l'arto è abdotto tra i 60° ed i 100°. Un'ulteriore sclerosi ed erosione ossea era predominante nella porzione centrale della fossa glenoidea della scapola, zona di massimo stress e di carico costante durante i movimenti dell'arto.

I cambiamenti entesopatici sono stati osservati nel 73% dei casi ed erano generalmente paralleli alla formazione di osteofiti. Tali cambiamenti consistevano in una combinazione di proliferazione ossea, alterazioni cistiche o infossamento che avvenivano lungo il collo anatomico, l'aspetto superiore della tuberosità ed occasionalmente entro il solco bicipitale.

Con l'evolversi dell'alterazione degenerativa c'era un progressivo rimodellamento delle tuberosità risultanti in una loro diminuita dimensione, proliferazione di osso liscio quasi contiguo con quello della superficie articolare e la formazione di una pseudo articolazione con l'acromion (Tab. 1 - 2).

TABLE 1 : Humeral Abnormalities

Abnormality	Absent	Mild	Moderate or Severe
Marginal osteophytes	7 (9)	49 (66)	18 (24)
Enthesopathic changes	20 (27)	35 (47)	19 (26)
Eburnation	68 (92)	3 (4)	3 (4)
Articular surface irregularity	55 (74)	18 (24)	1 (1)

Note-Data on **74** humeri; numbers in parentheses are percentages.
 ("Osteoarthritis of the glenohumeral joint: a radiologic-pathologic study". Kerr R, Resnick D, Pineda C, Haghighi P - AJR Am J Roentgenol. 1985 May;144(5):967-72)

TABLE 2: *Scapular Abnormalities*

Abnormality	Absent	Mild	Moderate or Severe
Marginal osteophytes	19 (21)	47 (51)	26 (28)
Glenoid fossa eburnation	83 (90)	6 (7)	3 (3)
Glenoid fossa erosion	77 (84)	9 (10)	6 (7)
Subacromial spur	58 (63)	15 (16)	19 (21)
Acromioclavicular joint changes	36 (39)	32 (35)	24 (26)

Note-Data on 92 scapulae; numbers in parentheses are percentages.

("Osteoarthritis of the glenohumeral joint: a radiologic-pathologic study". Kerr R, Resnick D, Pineda C, Haghighi P - AJR Am J Roentgenol. 1985 May;144(5):967-72)

L'analisi radiografica dei pazienti ha mostrato un restringimento dello spazio articolare la cui manifestazione era più tardiva, infatti è stata osservata in sei spalle su nove aventi cambiamenti da moderati a severi mentre tale cambiamento non è stato evidenziato in nessun soggetto con degenerazioni lievi.

Dall'analisi dei pazienti non è stato possibile stimare la prevalenza generale di tali lesioni degenerative dell'articolazione gleno-omeroale in una popolazione di soggetti anziani. Analogamente non è stato possibile determinare quanto spesso tali alterazioni sono causa di segni e sintomi in questi pazienti.

Ciò che è risultato evidente dall'analisi sui soggetti è che le alterazioni, parallelamente a quelle osservate su cadavere, sono non di rado viste durante la radiografia della spalla in una popolazione anziana e che in una percentuale significativa di tali individui una causa di fondo o di disturbo non è ravvisabile.

Dall'analisi dei pazienti dieci di questi non presentavano condizioni predisponenti né vi erano chiare evidenze di fattori occupazionali o da estremo uso.

Il sintomo caratteristico dell'OA è il dolore, solitamente riferito a tutto il complesso spalla, che si accentua durante i gesti attivi e si accompagna ad una significativa riduzione dell'articolarià gleno-omeroale che viene compensata da una maggiore motilità scapolo-toracica.

Sono state evidenziate alterazioni cinematiche scapolari correlate agli impairment dolorosi di spalla quali un incremento di attivazione delle fibre superiori del trapezio combinate con una ridotta attivazione del serrato anteriore ed un incremento della traslazione superiore della scapola¹⁶, ovvero il cosiddetto "shrug sign" che vede l'incapacità ad elevare l'arto al di sopra dei 90° di abduzione senza elevare l'intera scapola. È determinato da squilibri di forza del serrato anteriore e delle fibre superiori del trapezio che causano conseguentemente un'eccessiva traslazione superiore della scapola con ridotta efficienza dell'upward rotation e del tilt posteriore.

Il movimento di shoulder - shrugging è correlato ad un'alterata funzionalità della spalla e alla perdita di range movimento. Sebbene sia associato a varie condizioni patologiche, è stato maggiormente osservato in soggetti affetti da artrosi gleno-omeroale (90.5%).²⁴

b. Artropatia eccentrica

L'artrosi GO si sviluppa spesso in seguito a rottura della cuffia dei rotatori, dove la mancata stabilizzazione muscolare determina un deficit di centratura della testa omeroale con conseguente risalita di quest'ultima a causa di una

maggiore forza ascendente, non contrastata, da parte del deltoide. Tale condizione patologica prende il nome di artrosi gleno-omeroale eccentrica.

Adams e Smith descrissero il primo caso di artrosi gleno-omeroale conseguente ad una rottura massiva della cuffia dei rotatori nel 1850 successivamente definita da Neer e coll.¹² come artropatia della cuffia dei rotatori e caratterizzata da una massiva lesione della cuffia, migrazione superiore e femoralizzazione della testa omeroale, erosione ed eventuale acetabolizzazione dell'acromion.

Secondo un recente studio²⁵ c'è una significativa progressione di OA gleno-omeroale, migrazione superiore della testa omeroale, aumento delle dimensioni della lesione ed infiltrazione adiposa nei muscoli, tali alterazioni sono state osservate in 19 pazienti trattati conservativamente. La teoria meccanica suggerisce che il deterioramento della cartilagine articolare è il risultato diretto di un anomalo stress fisico impartito alla testa omeroale. Secondo questa teoria la testa omeroale, in assenza di un'intatta cuffia dei rotatori, gradualmente migra superiormente ed anteriormente, eventualmente impatta contro la superficie dell'acromion e con il movimento e traumi ripetuti la superficie cartilaginea va incontro a degenerazione.

Collins e Harryman¹ hanno suggerito una possibile combinazione di più eventi:

- migrazione della testa omeroale antero-superiormente a causa di una lesione massiva della cuffia dei rotatori,
- impatto meccanico della testa omeroale contro la superficie acromiale con produzione di frammenti cartilaginei e detriti,
- tali detriti favoriscono una risposta enzimatica che danneggia ulteriormente la cartilagine,

- conseguente dolore e limitazione articolare che comporta un deterioramento della superficie articolare.

Le caratteristiche di questa patologia sono perdita di movimento con una significativa debolezza attribuita alla lesione della cuffia dei rotatori. I pazienti sono tipicamente donne con età pari o superiore a 70 anni, solitamente l'arto coinvolto è quello dominante ed i pazienti spesso la descrivono come una lunga storia di dolore progressivo e di limitazione funzionale. Molti soggetti inoltre evidenziano un recente evento traumatico sfociante in una rapida progressione dei sintomi.

Contrariamente all'impingement syndrome associata ad una lesione isolata della cuffia dei rotatori, i pazienti con artropatia presentano un deficit sia nel range di movimento attivo che passivo con una perdita dell'elevazione anteriore dai 15° ai 60° e dell'extra rotazione dai 10° ai 35°. Allo stesso tempo è presente un gonfiore sull'aspetto antero-superiore della spalla che è solitamente il risultato di un accumulo di liquido a livello della borsa subacromiale.

Le immagini radiografiche mostrano, con la rottura massiva della cuffia dei rotatori, la perdita della coppia di forze che mantiene il centraggio della testa omerale entro la cavità glenoidea, con conseguente migrazione superiore della stessa ed erosione dell'aspetto superiore della glenoide. Lo spazio acromion-testa omerale è frequentemente inferiore a 7mm, anche se tale dato non è sufficiente per porre diagnosi.

Con la progressiva migrazione superiore della testa omerale si verifica la perdita di spazio articolare e la formazione di osteofiti. Cambiamenti della testa omerale con erosione della superficie articolare e la formazione di cisti sub condrali sono ben visibili (Fig. 6).

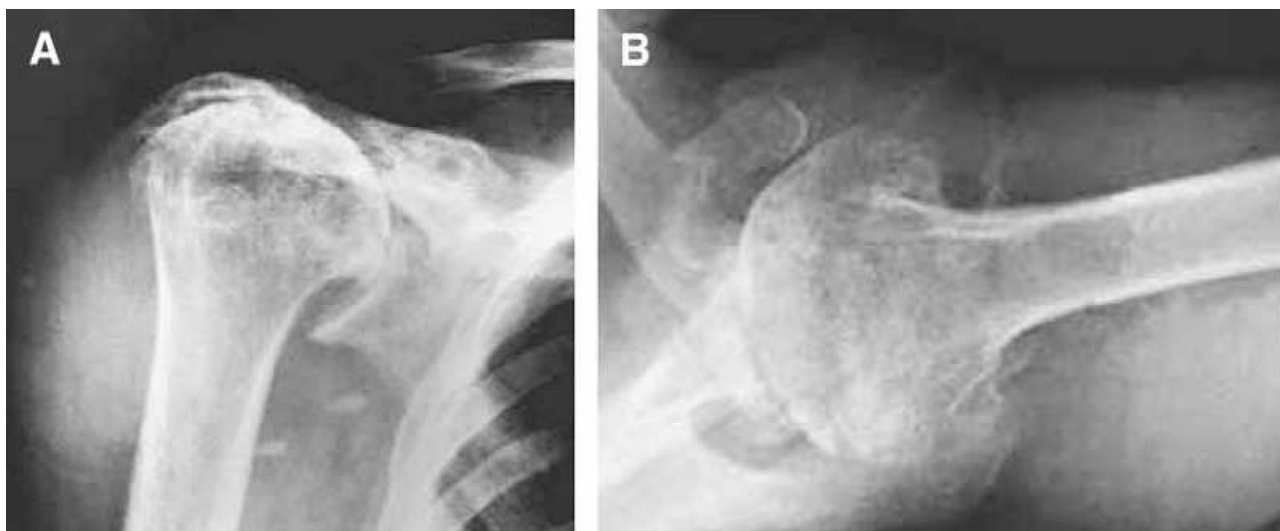


Fig. 6 Radiographic changes with cuff tear arthropathy. (A) Anterior-posterior and (B) axillary views of a right shoulder with cuff tear arthropathy. Superior migration of the humeral head has occurred with depression of the articular surface. Superior erosion of the glenoid can be seen as well. On the axillary view, loss of joint space with fragmentation of the glenoid and humeral head articular depression is evident. (Reprinted with permission from Visotsky JL, et al. Rotator cuff tear arthropathy J Bone Joint Surg Am 1999;81:1312-24.)

Diversi studi hanno analizzato la correlazione tra la lesione della cuffia dei rotatori e la presenza di artrosi gleno-omeroale.

A questo proposito, in uno studio, condotto da Hsu e coll.⁶ sono state analizzate 44 spalle da cadavere con un'età media di 73 anni (62-86) e senza precedenti storie di patologie sistemiche. L'area di alterazione cartilaginea della glenoide e della testa omerale nel gruppo con lesione della cuffia dei rotatori era rispettivamente del 32% e del 36% ed è risultata maggiore rispetto a quella del gruppo senza lesione, che era del 6% nella glenoide e del 7% nella testa omerale. La cartilagine articolare maggiormente danneggiata, nel gruppo con lesione massiva della cuffia dei rotatori, era localizzata nella porzione antero-inferiore della glenoide e nella parte posteriore della testa omerale. Tuttavia non vi era alcuna correlazione con la dimensione della lesione.

Secondo uno studio di Feeney e coll.⁵ la degenerazione della cartilagine articolare aveva una frequenza doppia nel gruppo con lesione di cuffia (10/10 spalle) rispetto a quelle senza lesione (13/23 spalle). Tale risultato era statisticamente significativo, questa grande correlazione tra lesione della cuffia e degenerazione cartilaginea non era stata precedentemente documentata, eccetto situazioni estreme come lesioni massive di cuffia o artropatia della cuffia dei rotatori.

In uno studio di Petersson¹⁵, su cadaveri, alterazioni degenerative non sono state riscontrate prima dei 60 anni, ma dopo tale età erano evidenti degenerazioni e rotture a pieno spessore della cuffia dei rotatori, degenerazione cartilaginea, degenerazione e rottura del capo lungo del bicipite e tali alterazioni aumentavano di frequenza proporzionalmente all'età. È stato inoltre riscontrato una significativa correlazione tra la degenerazione della cuffia dei rotatori e quella della cartilagine. Secondo questo studio le alterazioni gleno-omerali riscontrate erano bilaterali nell'82% dei casi, con una maggiore prevalenza di donne ed una piccola evidenza circa l'importanza dei fattori occupazionali sullo sviluppo di degenerazioni articolari di spalla.

Malgrado la presenza di una massiva rottura della cuffia dei rotatori molti pazienti possono eseguire le loro attività funzionali abbastanza bene e con un dolore minimo sfruttando il deltoide ed i muscoli stabilizzatori scapolari anche se non è stato definitivamente mostrato che la terapia conservativa comporta un miglioramento degli outcome funzionali.

L'elevazione dell'arto in soggetti sani richiede un momento abduttore con un equilibrio delle forze gleno-omerali, la perdita di funzione dell'articolazione gleno-omeroale è direttamente proporzionale agli impairment di equilibrio

muscolare tra i muscoli della cuffia che fissano e deprimono la testa omerale nella glenoide ed il muscolo deltoide.

I pazienti che soffrono di una lesione massiva della cuffia dei rotatori perdono il contributo del sopraspinato e possono compensare tale perdita attraverso l'uso del deltoide²¹. Rispetto al sopraspinato il deltoide potenzialmente genera un maggiore momento abduttore, tuttavia la linea di azione è diretta più cranialmente (upward) quindi, una volta attivato, il deltoide genera una maggiore componente di forza ascendente rispetto il sopraspinato (Fig. 7).

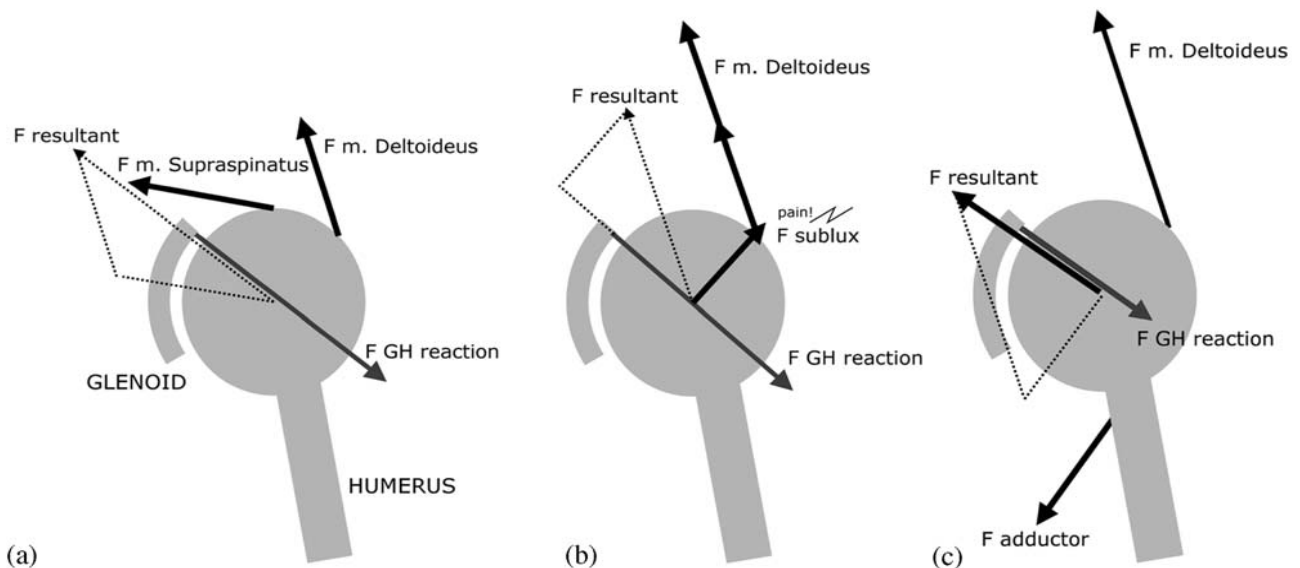


Fig. 7 Schematic representation of muscle contribution and resulting glenohumeral reaction forces in healthy subjects and patients suffering massive cuff tears. (a) Arm elevation in healthy subjects requires an abduction moment along with, glenohumeral force equilibrium, provided by the deltoideus muscles 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 can be compensated for by depressor/adductor muscles, e.g. teres major, latissimus dorsi and pectoralis major at the cost of reduction of overall abduction torque²¹.

Magermans e coll.¹⁰⁻²¹ illustrarono le forze di reazione gleno-omerali nella parte superiore della glenoide in pazienti con possibile migrazione prossimale della testa omerale. Comparando con i soggetti sani, 8 pazienti su 10 mostrarono dei compensi per la componente di forza lussante diretta superiormente attraverso numerosi muscoli adduttori/depressori come il grande dorsale, il grande pettorale ed il teres major (Fig. 7c).

I principali cambiamenti osservati implicano una modificazione nella funzione muscolare per mezzo di una sostituzione dalla generazione di coppie di forze adduttorie verso la generazione di forze stabilizzatrici (depressori) della testa omerale. Questo contro bilanciamento riduce il globale momento abduttorio a causa della sostanziale funzione adduttorica di tali muscoli.

Ciò potrebbe spiegare gli impairment funzionali in abduzione osservati nei pazienti.

E' probabile che sia il dolore che la disfunzione della cuffia dei rotatori contribuiscano all'alterazione della cinematica gleno-omeroale.

Per quanto riguarda la cinematica scapolare 5 studi l'hanno ad oggi comparata tra un piccolo campione di soggetti con una lesione completa della cuffia ed un gruppo di controllo durante l'elevazione dell'arto⁹. Tutti questi studi hanno notato la tendenza verso un incremento dell'upward rotation durante l'elevazione sebbene solo 2 studi hanno misurato una differenza statisticamente significativa circa le alterazioni del ritmo scapolo omerale. Tutti gli autori suggeriscono che queste alterazioni sono compensatorie al fine di massimizzare l'elevazione dell'arto in assenza di un corretto funzionamento della c.d.r..

Un ulteriore supporto alla teoria della compensazione dell'upward rotation in assenza di un'intatta c.d.r è fornita da uno studio su soggetti sani prima e dopo

il blocco del nervo soprascapolare¹¹ al fine di produrre sperimentalmente la disfunzione dei muscoli sopraspinato ed infrapinato. Tali soggetti mostrarono un significativo incremento dell'upward rotation e della rotazione esterna durante l'elevazione.

L'elevato contributo scapolare, osservato in pazienti con lesione della cuffia dei rotatori, serve a migliorare la relazione tensione-allungamento del deltoide al fine di generare le forze necessarie al movimento della spalla, migliorare la distanza dell'acromion, limitare la compressione della cuffia ed il dolore conseguente o per compensare la debolezza ed il dolore associato alla lesione¹⁹.

Il livello di conoscenza della cinematica di spalla in pazienti con una lesione completa di cuffia dei rotatori è aumentato anche se la comprensione di come il dolore e la dimensione della lesione interessano questi pattern cinematici è minima, così come è poco chiaro se la quantità di dolore o la sua variazione interessa la funzione dell'articolazione scapolo-toracica e gleno-omeroale.

In uno studio condotto da Scibek e coll.¹⁹ sono stati analizzati i movimenti della scapola e dell'omero durante l'elevazione e l'abbassamento attivo del braccio in 15 pazienti eventi un'età media di 60 anni (± 8.9 anni) ed una lesione cronica e completa della cuffia dei rotatori.

Dai risultati di questo studio è emerso che vengono adottati pattern cinematici scapolari al fine di compensare le alterazioni sviluppate in conseguenza ad una mancata funzione della cuffia dei rotatori. I soggetti con una rottura massiva della cuffia si affidavano maggiormente al movimento scapolare al fine di realizzare gli stessi gradi di movimento omerale compensando in questo modo la rottura della cuffia stessa. Sebbene esiste una relazione tra la dimensione della lesione ed il ritmo scapolo-omeroale, il reale coinvolgimento dei

meccanismi compensatori correlati al deficit della cuffia dei rotatori non è ben compreso.

È stato inoltre evidenziato che il livello di dolore è direttamente correlato all'incremento del ritmo scapolo-omerale, ciò indica che i cambiamenti di tale ritmo potrebbero essere in parte una reazione compensatoria al dolore con associato una lesione di cuffia.

La natura cronica delle lesioni ed il dolore a lungo termine ad esse associate potrebbero influenzare la cinematica con conseguente adattamento del pattern di movimento e dell'attività muscolare.

Tuttavia sebbene sia stato osservato un alterato pattern cinematico in pazienti con lesione della cuffia dei rotatori, l'associazione tra quest'ultimo ed il dolore non è comunque ben chiara.

6. Conclusioni

La spalla è un complesso articolare costituito da più articolazioni il cui movimento coordinato consente di orientare l'arto superiore in tutti i piani dello spazio. A tal proposito è necessario un corretto equilibrio tra i muscoli della cuffia dei rotatori e quelli scapolo-toracici. La co-contrazione dei muscoli della cuffia dei rotatori contribuisce alla stabilità dinamica della spalla realizzando una "compressione" della testa omerale contro la cavità glenoidea, necessaria al fine di contrastare efficientemente la forza orientata superiormente prodotta dai più grandi gruppi muscolari della spalla, quale il deltoide.

La posizione scapolare sul torace e il suo controllo durante il movimento permette l'allineamento della fossa glenoidea con la testa omerale massimizzando la congruenza articolare e fornendo una base stabile per i movimenti dell'omero. Il normale movimento tridimensionale della scapola durante l'elevazione dell'arto è un momento critico per la preservazione dello spazio subacromiale, per il mantenimento del normale ritmo gleno-omeroale, per massimizzare la relazione lunghezza-tensione del deltoide e per massimizzare il movimento omerale disponibile relativamente al torace.

Le patologie degenerative che coinvolgono questo complesso articolare determinano delle modificazioni nella normale cinematica e vedono l'instaurarsi di pattern muscolari patologici con conseguente alterazione del normale ritmo scapolo-omeroale.

Nel'OA concentrica si verifica un processo degenerativo in assenza di lesioni della cuffia dei rotatori che quindi preservano il centraggio della testa omerale

nella cavità glenoidea. Tale processo degenerativo è caratterizzato da dolore, solitamente riferito a tutto il complesso spalla, che si accompagna ad una significativa riduzione dell'articolarià gleno-omerale, compensata da una maggiore motilità scapolo toracica.

Sono state evidenziate alterazione cinematiche scapolari correlate agli impairment dolorosi di spalla quali un incremento di attivazione delle fibre superiori del trapezio combinate con una ridotta attivazione del serrato anteriore ed un incremento della traslazione superiore della scapola¹⁶, ovvero il cosiddetto "shrug sign", determinato da squilibri di forza del serrato anteriore e delle fibre superiori del trapezio. La conseguenza diretta è l'incapacità ad elevare l'arto al di sopra dei 90° di abduzione senza elevare l'intera scapola. Il movimento di shoulder – shrugging è correlato ad un'alterata funzionalità della spalla ed alla perdita di range movimento. Sebbene sia associato a varie condizioni patologiche, è stato maggiormente osservato in soggetti affetti da artrosi gleno-omerale (90.5%)²⁴.

Nell'artropatia gleno-omerale eccentrica si ha lo sviluppo di lesioni a livello della cuffia con un conseguente deficit nella funzione stabilizzatrice, successiva migrazione della testa omerale verso l'arco coraco-acromiale e conseguente degenerazione artrosica.

È stata riscontrata una maggiore correlazione tra possibilità di sviluppo di OA e soggetti con lesione della cuffia dei rotatori, sebbene tale patologia sia anche età correlata. In questa condizione patologica, la perdita del contributo del sopraspinato nel movimento di elevazione dell'arto viene compensata dal deltoide, il quale però, avendo una linea di azione diretta più cranialmente, genera una maggiore componente di forza ascendente²¹. Vengono quindi attivati dei compensi per contrastare questa forza lussante grazie a muscoli

adduttori/depressori come il grande dorsale, il grande pettorale ed il grande rotondo ai quali spetta il compito di generare forze stabilizzatrici della testa omerale^{10,21}.

Per quanto riguarda la cinematica scapolare è stato osservato un incremento dell'upward rotation la cui funzione si presuppone sia compensatoria al fine di massimizzare l'elevazione dell'arto in assenza di un corretto funzionamento della cuffia dei rotatori⁹. Studi sulla correlazione tra la dimensione della lesione ed i pattern cinematici hanno dimostrato che soggetti con una lesione massiva si affidano maggiormente ai movimenti scapolari al fine di preservare la maggiore escursione possibile. Sebbene esiste una relazione tra la dimensione della lesione ed il ritmo scapolo-omerale, il reale coinvolgimento dei meccanismi compensatori correlati al deficit della cuffia dei rotatori non è ben compreso¹⁹. È stato inoltre evidenziato che il livello di dolore è direttamente correlato all'incremento del ritmo scapolo-omerale, ciò indica che i cambiamenti di tale ritmo potrebbero essere in parte una reazione compensatoria al dolore con associato una lesione di cuffia.

La natura cronica delle lesioni ed il dolore a lungo termine ad esse associate potrebbero influenzare la cinematica con conseguente adattamento del pattern di movimento e dell'attività muscolare.

In conclusione, dai dati analizzati, la letteratura relativa alle alterazioni dei pattern di reclutamento muscolare della cuffia dei rotatori e della muscolatura scapolo toracica nell'artropatia concentrica è scarsa.

Per quanto riguarda l'OA correlata a lesione della cuffia dei rotatori vi sono tuttora dei concetti poco compresi come il reale coinvolgimento dei meccanismi compensatori correlati al deficit di cuffia¹⁹ e l'associazione tra il dolore e l'alterato pattern cinematico.

7. Bibliografia:

1. Collins DN, Harryman DT 2nd - Arthroplasty for arthritis and rotator cuff deficiency. Orthop Clin North Am. 1997 Apr;28(2):225-39;
2. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Vanderstraeten GG, Cambier DC - Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. Br J Sports Med. 2004 Feb;38(1):64-8;
3. DePalma AF. - Surgical anatomy of the rotator cuff and the natural history of degenerative periarthrititis. Surg Clin North Am. 1963;43:1507-1520. Clin Orthop Relat Res. 2008 Mar;466(3):543-51. Epub 2008 Feb 10;
4. Feeley BT, Gallo RA, Craig EV - Cuff tear arthropathy: current trends in diagnosis and surgical management. J Shoulder Elbow Surg. 2009 May-Jun;18(3):484-94. Epub 2009 Feb 8;
5. Feeney MS, O'dowd J, Kay EW, Colville J. - Glenohumeral articular cartilage changes in rotator cuff disease. J Shoulder Elbow Surg. 2003 Jan-Feb;12 (1) : 20 - 3;
6. Hsu HC, Luo ZP, Stone JJ, Huang TH, An KN - Correlation between rotator cuff tear and glenohumeral degeneration. Acta Orthop Scand. 2003 Feb ; 74 (1) : 89 - 94;
7. Kerr R, Resnick D, Pineda C, Haghighi P - Osteoarthritis of the glenohumeral joint: a radiologic-pathologic study". AJR Am J Roentgenol. 1985 May;144(5):967-72;
8. Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ - Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. Am J Sports Med. 2004 Mar;32(2):484-93;

9. Ludewig PM, Reynolds JF - The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009 Feb;39 (2): 90 - 104;
10. Magermans DJ, Chadwick EK, Veeger HE, van der Helm FC, Rozing PM - Biomechanical analysis of tendon transfers for massive rotator cuff tears. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004 May;19(4):350-7;
11. McCully SP, Suprak DN, Kosek P, Karduna AR - Suprascapular nerve block disrupts the normal pattern of scapular kinematics. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006 Jul;21(6):545-53. Epub 2006 Apr 5;
12. Neer CS 2nd, Craig EV, Fukuda H - Cuff-tear arthropathy. *J Bone Joint Surg Am.* 1983 Dec;65(9):1232-44;
13. Neer CS 2nd - Replacement arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1974 Jan;56(1):1-13;
14. Otis JC, Jiang CC, Wickiewicz TL, Peterson MG, Warren RF, Santner TJ.-Changes in the moment arms of the rotator cuff and deltoid muscles with abduction and rotation. *J Bone Joint Surg Am.* 1994 May;76(5):667-76;
15. Petersson CJ - Degeneration of the gleno-humeral joint. An anatomical study. *Acta Orthop Scand.* 1983 Apr;54(2):277-83;
16. Phadke V, Camargo P, Ludewig P - Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev Bras Fisioter.* 2009 Feb 1;13(1):1-9;
17. Reinold MM, Macrina LC, Wilk KE, Fleisig GS, Dun S, Barrentine SW, Ellerbe MT, Andrews JR - Electromyographic analysis of the supraspinatus and deltoid muscles during 3 common rehabilitation exercises. *J Athl Train.* 2007 Oct-Dec;42(4):464-9;

18. Ruckstuhl H, de Bruin ED, Stussi E, Vanwanseele B. - Post-traumatic glenohumeral cartilage lesions: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008 Jul 23;9:107;
19. Scibek JS, Carpenter JE, Hughes RE. - Rotator cuff tear pain and tear size and scapulohumeral rhythm. *J Athl Train.* 2009 Mar-Apr;44(2):148-59;
20. Sharkey NA, Marder RA. - The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *Am J Sports Med.* 1995 May-Jun;23(3):270-5;
21. Steenbrink F, de Groot JH, Veeger HE, Meskers CG, van de Sande MA, Rozing PM - Pathological muscle activation patterns in patients with massive rotator cuff tears, with and without subacromial anaesthetics. *Man Ther.* 2006 Aug;11(3):231-7;
22. Thompson WO, Debski RE, Boardman ND 3rd, Taskiran E, Warner JJ, Fu FH, Woo SL. - A biomechanical analysis of rotator cuff deficiency in a cadaveric model. *Am J Sports Med.* 1996 May-Jun;24(3):286-92;
23. Wickham J, Pizzari T, Stansfeld K, Burnside A, Watson L - Quantifying 'normal' shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010 Apr;20(2):212-22. Epub 2009 Jul 21;
24. Xiaofeng Jia MD, PhD, Jong-Hun Ji MD, Steve A. Petersen MD, Jennifer Keefer PA-C, Edward G. McFarland MD - Clinical Evaluation of the Shoulder Shrug Sign. *Clin Orthop Relat Res* (2008) 466:2813–2819;
25. Zingg PO, Jost B, Sukthankar A, Buhler M, Pfirrmann CW, Gerber C - Clinical and structural outcomes of nonoperative management of massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2007 Sep;89(9):1928-34;