



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI  
DI GENOVA**



**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

***MASTER I° LIVELLO IN  
RIABILITAZIONE DEI DISTURBI MUSCOLOSCHIELETRICI***

**Alterazioni biomeccaniche negli esiti di frattura di clavicola**

**Relatore: Lorenzo Spairani**

**Candidato: Davide Gallinucci**

**Anno Accademico: 2003/2004**

## **SOMMARIO**

<b><i>INTRODUZIONE</i></b>	<b><i>Pag 3</i></b>
<b><i>CLASSIFICAZIONE</i></b>	<b><i>Pag 4</i></b>
<b><i>DATI EPIDEMIOLOGICI</i></b>	<b><i>Pag 5</i></b>
<b><i>TRATTAMENTO MEDICO CONSERVATIVO</i></b>	<b><i>Pag 7</i></b>
<b><i>ANATOMIA E RUOLO DELLA CLAVICOLA NEL RITMO SCAPOLOMERALE FISILOGICO</i></b>	<b><i>Pag 9</i></b>
<b><i>ARTICOLAZIONI</i></b>	<b><i>Pag 13</i></b>
<b><i>MUSCOLATURA</i></b>	<b><i>Pag 15</i></b>
<b><i>MOVIMENTI ATTIVI</i></b>	<b><i>Pag 17</i></b>
<b><i>ARTROCINEMATICA</i></b>	<b><i>Pag 18</i></b>
<b><i>CHINESIOLOGIA</i></b>	<b><i>Pag 20</i></b>
<b><i>ANATOMIA DELLE MALUNIONI</i></b>	<b><i>Pag 24</i></b>
<b><i>ALTERAZIONI CAUSATE DALLE MALUNIONI</i></b>	<b><i>Pag 31</i></b>
<b><i>CONCLUSIONI RIABILITATIVE</i></b>	<b><i>Pag 40</i></b>
<b><i>BIBLIOGRAFIA</i></b>	<b><i>Pag 45</i></b>

## **Introduzione**

**Porre l'attenzione con una tesi sulle fratture di clavicola significa porre l'attenzione sul segmento osseo meno considerato dell'intero cingolo scapolo-omerale e questo nonostante le statistiche sulle fratture a noi disponibili le conferiscano un ruolo numerico di primaria importanza.**

**Purtroppo questo argomento non si contraddistingue in letteratura per ricchezza di articoli o studi e in misura ancora minore viene affrontato il tema delle conseguenze sul cingolo secondarie a guarigione della clavicola con deformità.**

**In letteratura si ritrovano in primo luogo articoli costituiti fondamentalmente da follow up dopo frattura di clavicola nei quali si raccolgono dati riguardo gli esiti del trattamento conservativo.**

**Spesso vengono effettuate radiografie per accertarsi della presenza o meno di malformazioni o accorciamenti originatisi con la guarigione; inoltre nell'esame clinico ci si accerta della motilità attiva e passiva scapolo-omerale, si confronta la forza con il cingolo controlaterale e si analizza la funzionalità dell'arto.**

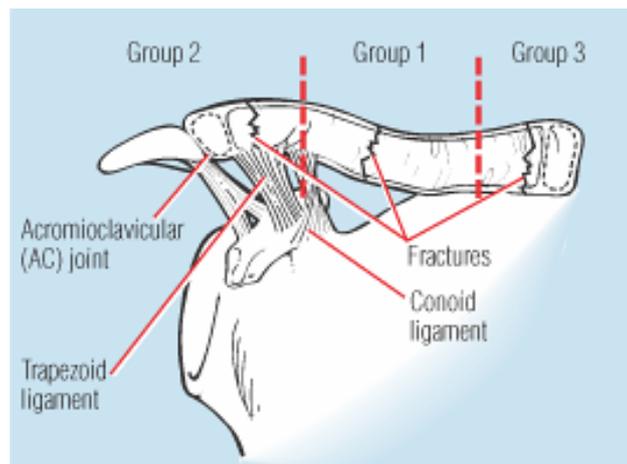
**In presenza di alterazioni di qualsiasi natura del cingolo non vi è purtroppo alcun articolo che approfondisca con attenzione biomeccanica e con l'ausilio di dati oggettivi le modificazioni statiche e dinamiche che la malunione di clavicola possa comportare.**

**Ciò che si afferma sull'argomento è perciò frutto di osservazioni e ragionamenti dei singoli.**

## CLASSIFICAZIONE

Le fratture di clavicola vengono solitamente ordinate seguendo la classificazione di Allman che risulta essere universalmente utilizzata da tutti gli autori. La totalità delle fratture viene classificata in 3 gruppi in base a dove si localizza il sito di frattura stesso ( vedi fig.1):

- Gruppo I : frattura nel terzo medio
- Gruppo II : frattura nel terzo distale
- Gruppo III : frattura nel terzo prossimale



**Figura 1.** Classificazione delle fratture di clavicola<sup>1</sup>

In seguito Neer ha rivisitato questa classificazione aggiungendo 3 sottogruppi al gruppo II di Allman:

- Tipo I : fratture stabili e medialì al legamento coracoclavicolare.
- Tipo II : frattura a livello del legamento coracoclavicolare, si divide in sottogruppo A e B. Sottogruppo A: sia il conoide che il trapezoide rimangono inseriti nella porzione distale. Sottogruppo B: il legamento conoide risulta avulso dalla porzione clavicolare.
- Tipo III : la rima di frattura coinvolge l'articolazione acromionclavicolare.

## **DATI EPIDEMIOLOGICI**

**In molti degli articoli individuati si trovano dati epidemiologici e descrittivi riguardo le fratture di clavicola.**

**In particolar modo è stato individuato un articolo a cura di Nowak<sup>2</sup> trattante esclusivamente dati epidemiologici ed eziologici riguardo le fratture di clavicola.**

**Secondo Naert<sup>3</sup> le fratture di clavicola rappresentano un intervallo di valori dal 5% al 15% di tutte le fratture, dato sostanzialmente confermato da Hill<sup>4</sup> ed Eskola<sup>5</sup> (5%-12%). Nowak (4%), Jeffrey e Lawrence<sup>6</sup> (5%) esprimono in controtendenza un dato minore.**

**Per quel che riguarda le attività sportive Hutchinson<sup>7</sup> ha rilevato una maggior incidenza di fratture di clavicola nei soggetti maschi giovani (under 25) mentre lo sport che predispone maggiormente a questo tipo di infortunio è l'hockey su ghiaccio.**

**Per quel che riguarda le fratture del cingolo scapolare le fratture di clavicola rappresentano il 44% secondo Hill e Jeffrey, il 35% secondo Nowak.**

**Secondo gli autori le modalità più frequenti di frattura di clavicola sono rappresentate da incidenti stradali soprattutto se ne si viene coinvolti in moto o in bici; altre cause riconosciute sono colpi diretti durante attività sportive o lavorative o a causa di cadute.**

**In letteratura si riscontra un comune utilizzo della classificazione di Allman riguardo le fratture di clavicola; dalle statistiche riportate negli articoli emerge che le fratture del terzo medio (gruppo I) sono le più frequenti seguite dalle fratture del terzo distale (gruppo II) e da quelle del terzo medio (gruppo III). (vedi tab. 1)**

**Tab. 1**

<b>AUTORE</b>	<b>N° clavicole</b>	<b>I° gruppo</b>	<b>II° gruppo</b>	<b>III° gruppo</b>
<b>Edelson</b>	<b>73</b>	<b>50</b>	<b>19</b>	<b>4</b>
<b>Hill</b>		<b>70%-80%</b>		
<b>Eskola</b>	<b>89</b>	<b>58 (82%)</b>	<b>27 (12%)</b>	<b>4 (6%)</b>
<b>Nowak</b>	<b>185</b>	<b>133 (72%)</b>	<b>49 (26%)</b>	<b>4 (2%)</b>
<b>Lawrence</b>		<b>80%</b>	<b>15%</b>	<b>5%</b>
<b>Jeffrey</b>		<b>80%</b>	<b>15%</b>	<b>5%</b>

**Come si può apprezzare, dalla letteratura emergono dati concordanti e ove si presentano differenze di valori queste non appaiono consistenti e significanti.**

**La percentuale delle fratture di clavicola viene considerata circa il 10% del totale delle fratture: un dato consistente che rende non certo trascurabile l'ampiezza della porzione di popolazione che potrebbe accusare le possibili conseguenze che quest'infortunio potrebbe comportare.**

**Gli autori riportano dati decisamente simili per quel che riguarda la suddivisione numerica delle fratture secondo la classificazione di Allmand.**

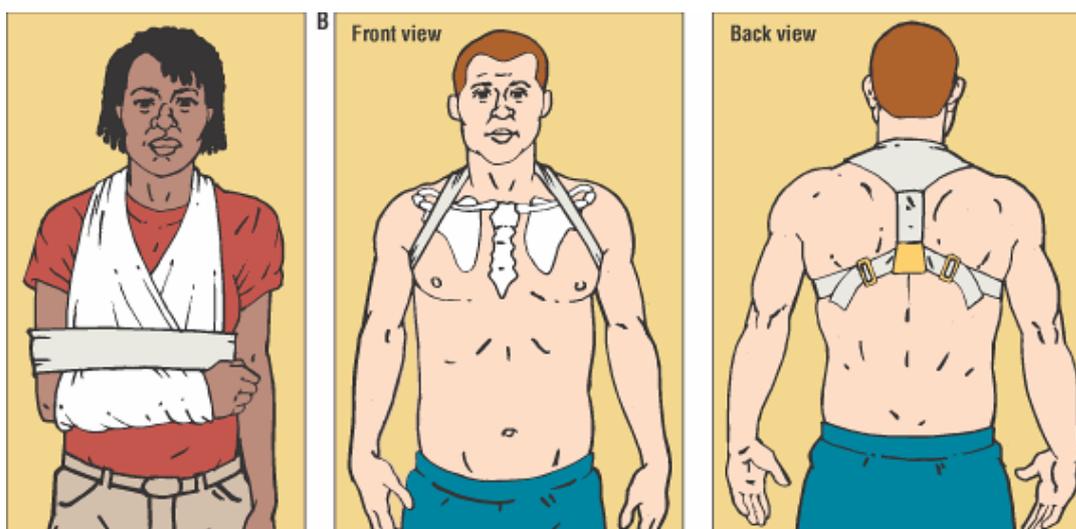
**Come si può apprezzare in tabella al primo gruppo viene accreditato circa il 75% del totale, al II circa il 15 – 20% e il rimanente al III gruppo.**

## TRATTAMENTO MEDICO CONSERVATIVO<sup>8</sup>

Generalmente gli autori approvano il trattamento della frattura in maniera conservativa, ammettendo però la concreta possibilità di ritrovare in seguito un certo numero di malunioni o addirittura nonunioni.

Indicazioni per la chirurgia in fase acuta esistono quando sussistono complicazioni neurovascolari, integrità della cute compromessa oppure disfunzioni gravi di spalla.

In assenza di tali complicanze vi è accordo sul trattamento conservativo (vedi fig.2): questo consiste nel confezionamento di un bendaggio, generalmente il classico bendaggio a 8, da indossare per un periodo variabile dai 15 giorni al mese.



**Figura 2.** Trattamento conservativo: bendaggio a 8 e immobilizzazione con fascia.

Questo tipo d'intervento non garantisce in ogni modo il mantenimento della giusta apposizione dei capi di frattura perciò, come afferma Mckee<sup>9</sup>, è lecito attendersi un certo numero di deformità e che vi sono evidenze radiografiche che le malunioni di clavicola sono più frequenti dopo una frattura scomposta. Nordquist<sup>10</sup>, sulla base di un campione di 225 fratture di clavicola trattate conservativamente, a un follow-up a una distanza media di 17 anni ha individuato 125 fratture guarite normalmente ma anche 53 malunioni e 7 non unioni; di queste 12 tra le malunioni e 3 fra le non unioni presentavano sintomi

e problemi purtroppo non meglio specificati. Edelson<sup>11</sup> in un campione di 73 clavicole fratturate individuò 54 malunioni e Basamania<sup>12</sup> ha stabilito una percentuale che oscilla dal 15% al 23% di non unioni dopo trattamento conservativo; questo dato appare in contrasto con quello fornito da Nowak (5%):

Appare comunque possibile ipotizzare una mancanza di univocità sulla metodologia di misurazione e valutazione delle malunioni: ciò spiegherebbe la presentazione di alcuni dati in controtendenza e il generale accordo su altri.

Le malunioni non sono l'unica possibile complicanza dopo il trattamento conservativo: in letteratura sono riportati diversi esempi di nonunioni o complicanze neurovascolari o estetiche insorte al termine del periodo d'immobilità.

# **ANATOMIA E RUOLO DELLA CLAVICOLA NEL RITMO**

## **SCAPOLOMERALE FISIOLOGICO**

La natura del ritmo scapolomeroale nei movimenti di elevazione nei vari piani è stata chiarita e affrontata da vari autori che hanno descritto i rapporti anatomici e funzionali tra l'articolazione glenomerale e scapolotoracica.

Vi è un generale consenso nell'affermare che il rapporto fra glenomerale e scapolotoracica è 2:1 ovvero che per un'elevazione di 15° dell'arto superiore 10° sono a carico della glenomerale e i restanti 5° a carico della scapolotoracica.

Uguualmente, al raggiungimento dei 180° di elevazione dell'arto superiore, 120° sono propri della glenomerale e i restanti 60° della scapolotoracica.

La perfetta funzionalità di questo meccanismo coniuga l'indispensabile stabilità articolare quanto la necessaria mobilità. (L'approfondimento di questa tematica esula per la maggior parte dagli scopi di questa tesi.)

La clavicola all'interno di questo pattern di movimento gioca un ruolo primario, anche se spesso viene meno considerata ed è parte integrante e a pieno titolo del cosiddetto ritmo "scapolomeroale" che quindi potrebbe essere chiamato ritmo "clavicoloscapolomeroale", come afferma Caillet<sup>13</sup>.

Risulta sbagliato quindi considerare la clavicola solo come un osso di collegamento fra torace e spalla o solo come un punto fisso di origine o inserzione della muscolatura cervicale, toracica e di spalla.

La clavicola<sup>14</sup> fa parte delle ossa lunghe e si trova in posizione quasi orizzontale nella parte superiore del torace appena sopra la prima costa. Medialmente si articola con il manubrio dello sterno e lateralmente con l'acromion scapolare. Presenta una doppia curvatura con la convessità in avanti all'estremità sternale e la concavità nella parte acromiale. Il terzo laterale è piatto nelle superfici superiore ed inferiore mentre i due terzi mediali hanno forma prismatica.

## **TERZO LATERALE**

**Il terzo laterale ha 2 superfici, superiore ed inferiore e 2 bordi, anteriore e posteriore.**

### **Superficie**

**La superficie superiore è piatta, ruvida e caratterizzata dalle impronte per le inserzioni del deltoide sul davanti e del trapezio sul di dietro: tra queste due zone c'è un intervallo sottocutaneo.**

**La superficie inferiore è piatta; nel suo bordo posteriore vicino a dove la porzione prismatica si continua con quella piatta vi è un'eminanza ruvida: il tubercolo conoide. Questo tubercolo in posizione naturale sormonta il processo coracoideo della scapola e qui si inserisce il legamento conoide. Da questa tuberosità una cresta obliqua detta cresta trapezoide corre in avanti e lateralmente e fornisce l'inserzione al legamento trapezoide.**

### **Bordo**

**Il bordo anteriore è concavo, sottile e ruvido e fornisce inserzione al deltoide. Il bordo posteriore convesso, ruvido e più spesso di quello anteriore e qui si inserisce il trapezio.**

## DUE TERZI MEDIALI

Costituiscono la porzione prismatica dell'osso che è curvato così da essere convesso di fronte e concavo dietro ed è caratterizzato da tre bordi che delimitano tre superfici.

### Bordi

Il bordo anteriore si continua con il margine anteriore della porzione piatta. La parte più laterale è liscia e corrisponde all'intervallo fra il gran pettorale e il deltoide: la sua parte mediale forma il confine basso di una superficie ellittica e l'inserzione della porzione clavicolare del gran pettorale.

Il bordo superiore è in continuo con il margine posteriore della porzione piatta e separa la superficie antero-posteriore. Liscia e rotondeggiante lateralmente diventa ruvida in corrispondenza dell'inserzione del muscolo S.C.O.M. e termina nell'angolo superiore dell'estremità sternale.

Il bordo posteriore separa le superfici posteriore ed inferiore e si estende dalla tuberosità coracoide a quella costale. Forma il limite posteriore del solco del muscolo subclavio e dà inserzione a uno strato della fascia cervicale che si sviluppa nell'omoideo.

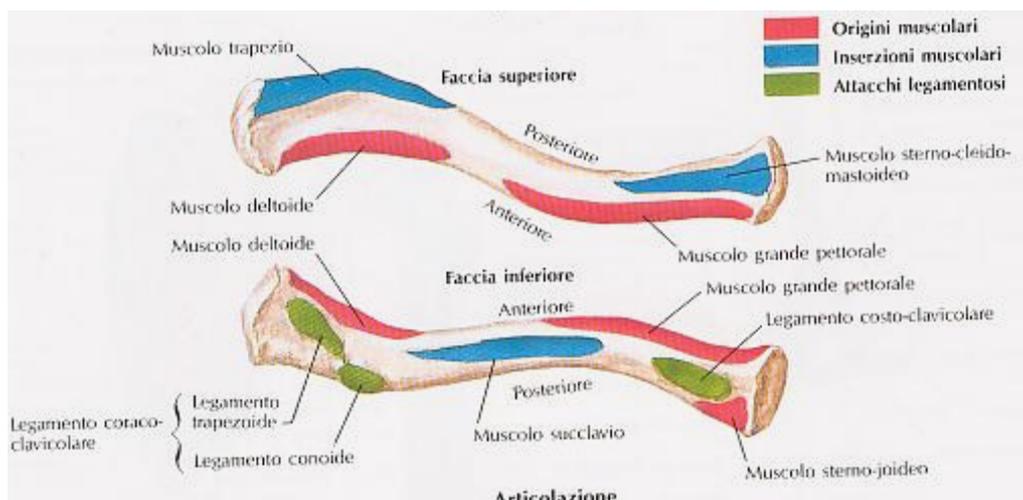
### Superfici

La superficie anteriore è inclusa tra i bordi superiore e anteriore. La sua parte laterale è orientata in alto ed è in continuo con la superficie superiore della porzione pianeggiante. Questa porzione è liscia, convessa e quasi subcutanea essendo ricoperta solo dal platisma. Medialmente è divisa in 2 parti: una inferiore di forma ellittica in direzione anteriore per l'inserzione del gran pettorale e una superiore per l'inserzione dello S.C.O.M..

La superficie posteriore è liscia; sopra è limitata dal bordo superiore e sotto da quello subclavio; medialmente dal margine dell'estremità sternale e lateralmente dalla tuberosità coracoide. È concava media-lateralmente ed è in relazione con la sua parte più bassa con i vasi sanguigni trasversi scapolari. La superficie alla giunzione delle curve dell'osso è anche in relazione con il

plesso brachiale e i vasi subclaviani. Vicino la parte sternale da inserzione allo sternoiodeo e presenta a circa metà un'incisione obliqua diretta lateralmente per la principale arteria di sostegno per l'osso.

La superficie inferiore o subclaviana è limitata in avanti dal bordo anteriore e dietro da quello subclaviano. E' stretto medialmente ma gradualmente aumenta in grandezza lateralmente ed è in continuo con la faccia inferiore della porzione piana. Sulla sua parte mediale c'è una superficie larga e ruvida: la tuberosità costale di circa due centimetri che il sito di inserzione per il legamento costoclavicolare. Il resto dello spazio è occupato da un solco che dà spazio al muscolo subclavio al cui margine c'è la fascia costoclavicolare.



**Figura 3** Clavicola, atlante di anatomia umana, Netter.

## ARTICOLAZIONI

L'articolazione acromio-clavicolare è un'artrodia, cioè un'articolazione a superfici piane, che unisce l'estremità laterale della clavicola (con la sua faccetta acromiale, appena convessa) al versante antero-mediale dell'acromion (con la sua faccetta clavicolare, quasi sempre piana). Al suo interno può rinvenirsi un disco fibrocartilagineo, raramente completo.

All'età di due anni non v'è spazio articolare: acromion e clavicola risultano connessi da un ponte fibrocartilagineo. All'età di tre anni, nello spessore del ponte compare uno spazio articolare sotto forma di due cavità sinoviali separate da un setto (disco)

Dopo i dieci anni le superfici articolari diventano lisce e lucide, mentre il disco assume una morfologia meniscoide. Dai vent'anni in poi sia le superfici articolari che il disco vanno incontro a progressiva degenerazione, che appare già molto avanzata nella quarta decade di vita; dopo i cinquant'anni l'involutione del menisco può esitare nella sua completa scomparsa.

L'articolazione acromio-clavicolare è dotata di una capsula fibrosa piuttosto debole e lassa, che però è rinforzata dai legamenti acromioclavicolari superiore ed inferiore, il primo alquanto più robusto del secondo. Questi legamenti si oppongono efficacemente alla dislocazione posteriore dell'estremità laterale della clavicola.

L'articolazione sterno-clavicolare connette l'estremità mediale della clavicola, provvista di due faccette disposte a squadra, con lo sterno (incisura clavicolare del manubrio) e con la cartilagine della prima costa. Si tratta di una diartrosi tipo sella con l'estremità clavicolare marcatamente convessa in senso verticale. Un disco fibrocartilagineo divide lo spazio articolare in due cavità sinoviali, ovviando con la sua presenza alle discordanze di direzione e di curvatura che sussistono tra le superfici articolari. La capsula fibrosa, molto esile, è rinforzata da due legamenti sternoclavicolari, anteriore e posteriore. Un legamento interclavicolare è teso trasversalmente fra le clavicole. La stabilità dell'articolazione dipende comunque, in gran parte, dalla presenza di un robusto legamento che dal margine superiore della porzione mediale della prima costa si dirige obliquamente verso l'alto e verso l'esterno per fissarsi

sulla faccia inferiore della clavicola. E' questo il legamento costo-clavicolare, che, oltre a stabilizzare la clavicola nei confronti delle azioni muscolari che si esercitano su di essa, rappresenta il fulcro della leva clavicolare ed ha quindi un'importanza cruciale in tutti i movimenti del cingolo scapolare.

Grazie al suo disco fibroelastico, l'articolazione sterno-clavicolare si comporta quasi alla stregua di un'enartrosi, consentendo alla clavicola di muoversi - sia pure con escursioni abbastanza limitate -in tutte le direzioni e partecipando a tutti i movimenti del complesso articolare della spalla. Nonostante ciò, questa articolazione - a differenza di quella acromio-clavicolare - comincia a presentare i segni dell'usura in età abbastanza avanzata, e mai con serie conseguenze funzionali.

## MUSCOLATURA

- **Trapezio:** origina nella protuberanza occipitale esterna proseguendo fino ai processi spinosi delle vertebre cervicali e toraciche. L'inserzione è sul terzo laterale del margine posteriore della clavicola, sulla capsula articolare della glenomeroale, sull'acromion e sulla spina della scapola. A colonna fissa, i fasci superiori innalzano il cingolo, quelli medi lo portano indietro e medialmente e quelli inferiori lo abbassano e fissano la scapola al torace. In combinazione al gran dentato assicurano un punto fisso per gli altri muscoli dinamici tra i quali il deltoide.
- **Sternocleidomastoideo:** muscolo laterale del collo formato da quattro capi, l'origine è sulla faccia laterale del processo mastoideo e il capo clavicolare si inserisce sulla superficie superiore nella porzione mediale della clavicola. Prendendo il capo come punto fisso questo muscolo alza la clavicola soprattutto in funzione respiratoria.
- **Deltoide:** è il muscolo laterale della spalla e si compone di diversi fasci. I primi due fasci originano dal margine anteriore del terzo laterale della clavicola, il III sul margine laterale dell'acromion e i restanti sul labbro inferiore della spina della scapola. Notoriamente è il principale abduuttore fino a 90°.
- **Gran pettorale :** origina dalla porzione mediale delle prime sei cartilagini costali, dalla faccia anteriore dello sterno e dai due terzi mediali della clavicola e si inserisce lateralmente sul tubercolo maggiore dell'omero. Le sue azioni principali sono l'adduzione e la rotazione interna del braccio a tronco fisso.

- **Subclavio : nasce nella faccia superiore della prima cartilagine costale e dalla porzione mediale della prima costa e si inserisce nella faccia inferiore della clavicola poco prima del terzo laterale.**

## MOVIMENTI ATTIVI

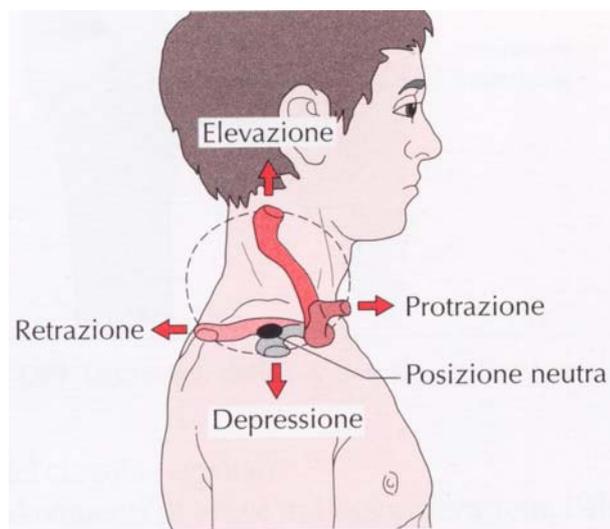
I movimenti clavicolari avvengono attorno a tre assi che convergono in un punto calcolabile nel centro dell'estremo mediale.

Il movimento obliquo all'indietro e in basso, che potremmo definire sull'asse sagittale per comodità, consente all'estremo laterale della clavicola di muoversi in alto-dietro e basso-avanti ovvero in elevazione e depressione.

L'entità di tali movimenti è di circa  $55^\circ$  e l'estremo laterale della clavicola compie un'escursione di circa 10 cm. L'elevazione risulta molto più ampia della depressione ( $45^\circ$ ) ed è limitata dal muscolo subclavio e soprattutto dal legamento costoclaveare. La depressione si sviluppa in  $5-10^\circ$  ed è limitata dal legamento interclavicolare.

Quasi attorno all'asse verticale in direzione obliqua in basso e in fuori si realizzano i movimenti avanti-dietro della clavicola; sono questi i movimenti di retrazione e protrazione. La protrazione e la retrazione hanno un'ampiezza di  $20-30^\circ$  ciascuno per un'escursione totale dell'estremo laterale di 12 cm. Questi movimenti sono limitati dalla tensione legamentosa.

Il terzo movimento, quasi sull'asse trasversale, si realizza in direzione obliqua in fuori e leggermente in alto permettendo i movimenti di rotazione. Questa rotazione ha un'ampiezza di circa  $30-40^\circ$  ed è impossibile da riprodurre isolatamente ma è un movimento accessorio dell'intero ritmo "clavicoloscapolomerale".



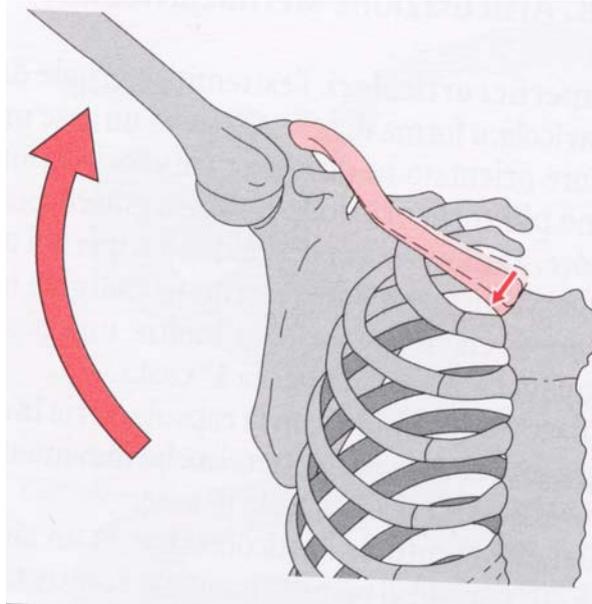
**Figura 4** Movimenti attivi della clavicola. (J.Hochschild, Apparato locomotore anatomia e funzioni)

## **ARTROCINEMATICA<sup>15</sup>**

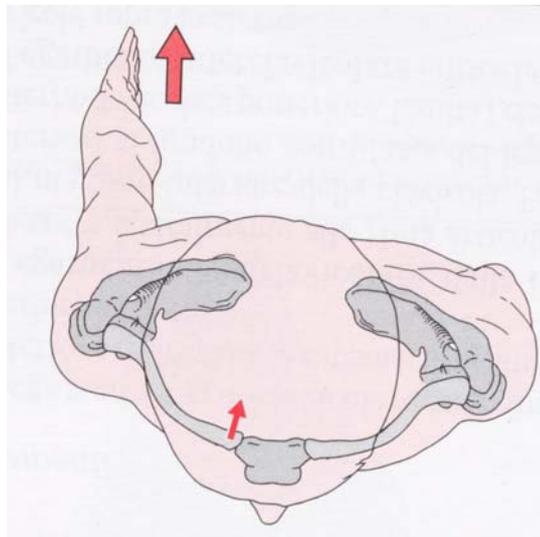
Data la conformazione a sella dell'articolazione sternoclaveare con l'estremità sternale concava in senso superoinferiore e convessa in direzione antero posteriore. In tal modo quando la clavicola si eleva si ha un movimento della superficie clavicolare convessa su quella concava sternale: si realizza perciò un roll in elevazione abbinato a uno slide inferiore, vista la presenza della prima costa vi è anche un piccolo scivolamento anteriore (Fig.5).

Al contrario quando la clavicola si deprime, artrocinematicamente si realizza un roll inferiore abbinato a uno slide in alto accompagnato da un piccolo spostamento all'indietro.

Nell'analizzare il movimento di retrazione o protrazione si deve considerare che la superficie della porzione sternale dell'articolazione è convessa in senso anteroposteriore e la sua corrispondente clavicolare è invece concava. Perciò nella protrazione si assiste a un roll anteriore accompagnato da un glide nella stessa direzione; al contrario nella retrazione, il roll ed il glide sono entrambi in direzione posteriore (Fig. 6)



**Figura 5** Movimenti attivi della clavicola. (J.Hochschild, Apparato locomotore anatomia e funzioni)



**Figura 6** Movimenti attivi della clavicola. (J.Hochschild, Apparato locomotore anatomia e funzioni)

## **CHINESIOLOGIA**

La clavicola è saldamente unita alla scapola dal legamento coraco-clavicolare, che risulta in realtà costituito da due distinte formazioni legamentose, entrambe notevolmente elastiche: il legamento trapezoide (all'esterno) e quello conoide (all'interno). In virtù della loro morfologia e, soprattutto, delle loro caratteristiche d'inserzione, questi legamenti assolvono una doppia funzione di grande importanza, da una parte frenando elasticamente la rotazione della scapola sul pivot acromio-clavicolare e dall'altra, per la loro architettura a montanti di traliccio, mantenendo costante il rapporto tra scapola e clavicola. Nell'apertura dell'angolo tra clavicola e scapola, il legamento conoide si mette in tensione e limita il movimento; viceversa quando questo angolo si riduce il legamento trapezoide si tende e ne limita il movimento.

E' errato pensare che questa loro particolare architettura serva solamente ad impedire un eccessivo accostamento della scapola alla gabbia toracica ed a garantire stabilità all'articolazione acromio-clavicolare. Le cose non stanno esattamente così. In realtà per compromettere la stabilità dell'articolazione acromio-clavicolare non basta la rottura isolata del legamento coraco-clavicolare, ma deve essersi lacerato anche il legamento acromio-clavicolare superiore.

L'ancoraggio elastico assicurato dal trapezoide e dal conoide spiega il comportamento della clavicola in tutte le fasi dell'abduzione del braccio. Nell'escursione da 0° a 90° la scapola ruota (e l'acromion si eleva) di 30° e la clavicola rimanendo costante il suo rapporto con la scapola, si eleva di altrettanto con un movimento lineare che ha luogo a livello dell'articolazione sterno-clavicolare. Oltre i 90° di abduzione del braccio, però, continuando il basculamento della scapola, la clavicola è da una parte sollecitata verso l'alto (a livello dell'acromio-clavicolare) e dall'altra ancorata al processo coracoideo che contemporaneamente tende ad abbassarsi. Una sua ulteriore elevazione non è dunque più possibile all'articolazione sterno-clavicolare, ed infatti si realizza attraverso un vero e proprio « stratagemma »: la clavicola cioè ruota (di circa 45°) attorno all'asse diafisario e, grazie alla sua forma « a manovella », la sua estremità laterale può innalzarsi di altri 30° senza che

**contemporaneamente si modifichi l'angolo di elevazione a livello sterno-clavicolare.**

**Pertanto, riassumendo, da 0° a 90° di abduzione del braccio, ai 30° di rotazione della scapola corrispondono 30° di semplice elevazione della clavicola a livello sterno-clavicolare. Dopo i 90° di abduzione, agli ulteriori 30° di rotazione della scapola corrispondono altri 30° di elevazione dell'estremità laterale della clavicola, ma questa volta ottenuti in virtù di una rotazione della « manovella » clavicolare su se stessa.**

**In letteratura non sono numerosi gli studi recenti che analizzano il movimento fisiologico della clavicola nell'ambito del ritmo scapolomeroale. Qui di seguito sono riportati gli studi di Fung<sup>16</sup> e di Ludewig<sup>17</sup> che ne hanno approfondito alcuni interessanti aspetti.**

**Fung, utilizzando 3 preparati anatomici ai quali sono stati applicati sensori elettromagnetici direttamente alle ossa, analizza sui piani coronale, scapolare e sagittale durante l'elevazione i rapporti fra omero, clavicola e scapola. Inoltre Fung compara i dati ottenuti per stabilire quale sia il movimento clavicolare più sollecitato per ogni piano d'elevazione.**

**Fung afferma che la rotazione della clavicola aumenta dopo i 90° dell'elevazione omerale, sebbene l'elevazione nel piano coronale produca una maggior rotazione clavicolare ad angoli minori di flessione rispetto agli altri due piani.**

**Prima dell'elevazione la posizione di rotazione clavicolare è di 3° per l'elevazione; 2° di Backward rotation e -17° di protrazione.**

**A bassi angoli di elevazione, l'elevazione della clavicola è maggiore nel piano coronale; l'elevazione clavicolare è maggiore nel piano coronale che in quello scapolare da 30° a 80° di elevazione dell'omero. L'elevazione della clavicola è maggiore nel piano scapolare che in quello sagittale dai 40° agli 80° di elevazione dell'omero. Per i piani sagittali e scapolari l'elevazione di clavicola è di 6° a 90° di elevazione omerale e di 10° in quello coronale. A 150° di elevazione di omero l'elevazione della clavicola è di 21° per tutti e tre i piani.**

La protrazione di clavicola diminuisce durante l'elevazione in tutti i piani; questa diminuzione comincia con l'elevazione nel piano coronale e poi nel piano scapolare. La clavicola è significativamente più retratta nell'elevazione nel piano coronale che nel piano scapolare dai 30° ai 90° ed è significativamente più retratta nell'elevazione nel piano scapolare che nel piano sagittale da 20° a 70° di elevazione omerale. In tutti e tre i piani di elevazione la protrazione media clavicolare era approssimativamente -45° a 150° di elevazione omerale.

La backward rotation inizia prima nell'elevazione nel piano coronale seguita dall'elevazione nel piano scapolare. La BR della clavicola è significativamente maggiore per l'elevazione nel piano coronale che per l'elevazione nel piano scapolare dai 90° ai 100° di elevazione. La media della BR raggiunge circa i 27° a 150° di elevazione in tutti i piani di elevazione.

Nell'elevazione dell'omero la scapola si retrae, ruota lateralmente e esegue un tilt posteriore mentre la clavicola si retrae, si eleva ed esegue la backward rotation. Nell'elevazione sul piano sagittale fino a 90° i movimenti di scapola e clavicola sono minimi mentre sono maggiori nel piano scapolare. L'elevazione nel piano coronale dell'omero produce le maggiori rotazioni anche se a bassi angoli.

Il secondo studio, a cura di Ludewig, si propone di testare la validità dell'uso di sensori cutanei per misurare il movimento clavicolare durante l'elevazione omerale e al momento stesso di descriverlo. In questo studio viene utilizzato un campione di 39 soggetti ai quali vengono applicati sensori al torace, alla clavicola e all'omero; ai soggetti venivano quindi richieste varie elevazioni sul piano sagittale, scapolare e coronale. I dati apportati allo studio si limitano fino ai 110° d'elevazione poiché in seguito lo scivolamento fra il piano cutaneo nel quale erano applicati gli elettrodi e i piani sottostanti aumenta drasticamente diminuendo la validità dei dati ottenuti. Particolare attenzione viene anche data alla relazione scapola-clavicola durante i movimenti.

**Il movimento scapolare si ripercuote sulla sternoclavicolare (SC) e acromioncalvicolare (AC) perciò in caso di movimento anormale vi saranno alterazioni cinetiche a livello di AC e/o SC.**

**La posizione clavicolare media con soggetto a riposo in piedi è di leggera elevazione , retrazione e rotazione attorno l'ase longitudinale. Da questa posizione la clavicola mostra un pattern di progressiva elevazione e rotazione assiale posteriore a seguito dell'elevazione del braccio in tutti i piani di movimento. La retrazione media non cambia durante la flessione del braccio ma aumenta durante l'abduzione nel piano coronale e scapolare. Questo dato è però influenzato dalle caratteristiche individuali in quanto vi sono differenti posizioni di partenza sul piano anteroposteriore.**

**A 110° di abduzione sul piano coronale la retrazione media è di -28,7° e di -14,9° per la flessione omerale. L'elevazione raggiunge il suo massimo a 110° di flessione omerale (-15°) se confrontato ai -11° e -12,2° del piano scapolare e coronale.**

**La rotazione assiale posteriore è massima a 110° di flessione (31,3°) mentre nel piano scapolare è di 18,2° e nel coronale di 14,6°.**

**Nonostante le differenze in amplitudine di movimento i vari studi generalmente concordano sulla direzione e sul pattern di movimento durante l'elevazione dell'omero.**

**Elevazione, rotazione posteriore e retrazione sono i movimenti che accompagnano l'elevazione del braccio.**

## **ANATOMIA DELLE MALUNIONI**

Come già introdotto, l'argomento principale di questa tesi verte sulle alterazioni che esitano dopo una frattura di clavicola, alterazioni sia anatomiche quanto funzionali considerando l'intero cingolo scapolomeroale. Conoscere i principali pattern anatomici di guarigione della clavicola diventa così un punto cruciale di tale argomento.

La letteratura non risulta particolarmente ricca di articoli trattanti questo particolare argomento; Edelson ed Hill soprattutto ed in seconda battuta altri. La malunione di una frattura la si può definire come una guarigione della stessa nella quale i 2 segmenti ossei si uniscono in posizione non anatomica.

Eskola nel suo studio esamina 89 fratture di clavicola e a un follow up di almeno di 2 anni ne rivaluta i risultati ottenuti.

Si erano sviluppate 2 non-unioni, era possibile osservare con le radiografie 43 malunioni (48%) e 47 accorciamenti (53%); l'accorciamento medio era di 12 mm in un range di 1 – 30 mm.

Eskola, cronologicamente il primo ad affrontare tale tematica, conclude affermando che le dislocazioni iniziali o gli accorciamenti di almeno 15 mm conducono a una situazione di guarigione con scarsi risultati.

Hill nel suo studio pone la sua attenzione sull'accorciamento della clavicola in fase acuta e dopo la guarigione.

Su 52 fratture di clavicola individua 8 nonunioni.

In fase acuta l'accorciamento medio risultante dalle radiografie era di 11,4 mm (1 – 25) in 43 casi mentre in 9 casi era di 8 mm (3 – 15).

**Al follow-up effettuato a una media di 38 mesi di distanza dall'infortunio 42 pazienti presentavano una media di accorciamento di 11,8 mm e i restanti 5 di 7 mm.**

**Hill individua un'associazione statistica tra l'iniziale accorciamento della frattura e lo sviluppo di una non-unione: se sussiste in fase acuta una diminuzione di 20 mm questa evolverà in una nonunione ( sei casi su sei). Inoltre Hill afferma che nessuna clavicola che con la guarigione si è unita aveva un accorciamento iniziale > 18 mm. Hill giustifica tali risultati ponendo l'accento sul grado di lesione dei tessuti molli e sulla loro possibile interposizione tra i due capi di frattura.**

**Naert nel suo studio descrive un caso di impingement syndrome causata da una malunione del terzo laterale della clavicola. In base alle bioimmagini ottenuto con gli esami radiografici è stato possibile osservare come il frammento mediale avesse un orientamento postero inferiore tale da invadere la fossa del muscolo sovraspinoso. L'unione con la porzione laterale della clavicola avveniva tramite solo la porzione anterolaterale della superficie del segmento mediale. Non sono state riscontrate alterazioni a livello dell'articolazione acromionclaveare. Da queste immagini Naert dedusse che il segmento promineva e riduceva significativamente lo spazio della fossa sovraspinoso poco prima dello sbocco del sovraspinoso nello spazio sub acromiale. Questa alterazione anatomica era, come dimostrato nel suddetto studio, la causa di una serie di manifestazioni cliniche comparabili a quelle tipiche dell'impingement syndrome.**

**Edelson nel suo studio esamina un campione di 1430 clavicole di preparati anatomici individuando 73 fratture di clavicola.**

**Le clavicole esaminate furono sottoposte a una serie di misurazioni e valutazioni allo scopo di individuarne le caratteristiche riconducibili ad alcuni pattern tipici di guarigione.**

**Su queste 73 fratture individua 54 chiare malunioni (74%).**

**Le fratture del terzo laterale erano 14 e ben 12 (86%) erano evolute in una malunione; nel terzo medio le fratture trovate erano 50 e 40 (80%) di esse erano guarite con deformità. Nel terzo mediale su 4 fratture 2 risultarono malunite.**

**Edelson inoltre descrive le deformità più ricorrenti:**

- Variazioni dell'angolazione nel piano orizzontale o verticale maggiore di 20° (n°22)**
- Accorciamento di un cm o più (n° 36)**
- Displacement nel sito di frattura di almeno un tratto del suo diametro (n°15)**
- Iperabbondante callo con un aumento della circonferenza di almeno ¼ o più (n° 28)**

**Nelle fratture laterali la deformità tipica consiste nell'angolazione della porzione laterale in senso anteriore che in certi casi risulta essere di molti gradi.**

**Nelle fratture centrali le deformità sono simili a quelle del gruppo delle fratture laterali ma di gravità minore. Caratteristica interessante di questo gruppo è la posizione posteriore che il frammento laterale prende rispetto al frammento mediale per permettere la formazione del callo osseo e quindi la guarigione.**

**Al contrario nelle fratture mediali il segmento laterale si dispone anteriormente e causa la formazione di un sporgenza ossea in avanti.**

**Un'altra deformità significativa risulta essere l'accorciamento; è importante però sottolineare come in 36 casi su 73 di significativo accorciamento (49%) in 24 (67%) di questi non si trattava solamente di una sovrapposizione dei due capi di frattura ma di una guarigione che porta all'aumento delle curvature tipiche della clavicola.**

**L'angolazione tende ad aumentare più la frattura è situata lateralmente ed il massimo di angolazione avviene in corrispondenza di una frattura situata a livello della giunzione coracoclavicolare. Si può ipotizzare che ciò sia dovuto**

**all'influenza che il legamento coracoclavicolare ha sul frammento di frattura. Edelson ipotizza che la porzione laterale della clavicola fratturata venga trascinata in avanti dagli elementi di collegamento qui presenti con la coracoide e con l'acromion.**

**Non va fatta però la generalizzazione secondo cui più la frattura è laterale più la guarigione porterà ad una aumentata angolazione poiché altri elementi importanti come la gravità e la natura del trauma iniziale così come le caratteristiche morfo-anatomiche individuali di partenza influenzano il modo in cui avverrà la guarigione.**

**Edelson inoltre confronta le caratteristiche del suo campione con quelle delle fratture in fase acuta. Una differenza principale consiste nella disposizione che il frammento laterale prende in fase acuta: le radiografie in tale fase mostrano infatti una tendenza alla caduta verso il basso mentre Edelson nel suo studio descrive generalmente la disposizione in senso anteriore. L'autore ipotizza che l'iniziale ptosi del segmento laterale possa essere dovuto all'atonia muscolare post-traumatica del deltoide e del trapezio, in seguito il tono ritorna e la clavicola recupera il suo orientamento orizzontale. Il malposizionamento in anteriorità potrebbe essere dovuto, secondo l'autore, al predominio che avrebbero sul sito di frattura i muscoli pronatori e rotatori interni del cingolo scapolomeroale.**

**Altri autori nei loro studi portano dati o considerazioni in merito.**

**Chan<sup>18</sup> afferma che la frattura avviene comunemente nel punto mediale ovvero ove si incontrano le due curve fisiologiche sul piano frontale quindi nel terzo medio soprattutto e nel terzo medio. Una frattura a questo livello viene fortemente influenzata dalle origini e dalle inserzioni muscolari del complesso collo-torace-spalla che causano le deformità. Nel suo esiguo campione le deformità principali consistono in un'angolazione dorsale dell'apice di 30° - 40° e in un accorciamento di 3 – 4 cm.**

**Mckee nel suo campione di 15 pazienti con frattura clavicolare rivalutati al follow-up a una distanza media di 3 anni individua un accorciamento medio di 2,9 cm ( 1,6 – 4 ). L'autore afferma che nonostante sia difficoltoso da quantificare la deformità tipica consisterebbe nella rotazione anteriore del frammento laterale associata a una malposizione in direzione inferiore.**

**Kuhn<sup>19</sup> nel suo studio, analizzando un esiguo campione individua due principali deformità. La prima consiste nella guarigione della frattura con l'apice superiore che crea irritazione e problemi cutanei nei movimenti. La seconda, più importante dal punto di vista chinesiológico, consiste in una malunione in rotazione anteriore della porzione laterale della clavicola.**

**Nordquist effettua un follow up a distanza considerevole dall'infortunio (10 anni o più) e analizza radiograficamente la guarigione della frattura. Su un totale di 185 fratture rileva 125 guarigioni con deviazioni inferiori ai 30°, 53 malunioni ovvero guarigioni con deviazioni superiori ai 30° e 7 non unioni. Lo stesso autore in un secondo studio<sup>20</sup> l'autore analizza il processo di guarigione delle fratture del terzo laterale basandosi su un campione rivalutato a un follow up a distanza di 15 anni dall'infortunio. L'autore analizza radiograficamente 89 clavicole ritrovando 10 non unioni e delle rimanenti 26 erano guarite con deformazioni.**

**In un ulteriore studio<sup>21</sup> lo stesso autore analizza un campione di 85 pazienti a distanza di 5 anni dalla frattura e ne analizza in particolar modo l'eventuale accorciamento. Vengono individuati 35 accorciamenti di almeno 5 mm, 12 malunioni e 5 nonunioni.**

**Nel tentativo di riassumere i vari dati presenti in letteratura e valutare ciò che essi implicano è imperativo partire dalle argomentazioni comuni.**

**Nella maggior parte degli studi qui presentati vi è un chiaro accordo sulla inevitabile formazione di deformità a seguito del trattamento conservativo delle fratture di clavicola. Considerando l'accorciamento una deformità a seguito di una mal-unione, sia essa dovuta a sovrapposizione o guarigione in maggior angolazione, osserviamo un accordo totale fra gli autori riguardo a tale argomento. Le percentuali presentate vanno da un generale 50% di fratture che guariscono con deformità a un più alto 74% dichiarato da un solo autore. Per quanto riguarda la consistenza dell'accorciamento Hill ed Eskola presentano dati simili (12mm di media) mentre Mckee ed Edelson presentano dati maggiori (2,1 – 2,9). La porzione nella quale la frattura avviene più frequentemente è sicuramente a detta di tutti gli autori il terzo medio. Il motivo di questa predominanza potrebbe avere più spiegazioni: innanzitutto a causa della sua stessa forma che in questo punto vede incontrarsi le due curve sul piano orizzontale. Si può dedurre che questo sia un punto cruciale e più fragile per quel che riguarda la trasmissione delle forze provenienti dall'arto superiore. La natura della malunione ovvero la forma anatomica che assume la clavicola dopo la guarigione è invece oggetto di disquisizioni e differenti opinioni. Secondo alcuni autori il segmento laterale tende a guarire in posizione avanzata e in rotazione anteriore, secondo altri vi sarebbe anche una deviazione sul piano verticale in direzione inferiore. La causa della guarigione in questa posizione viene identificata nelle azioni muscolari e negli effetti che i legamenti hanno sul sito di frattura. Nel caso specifico, una frattura che avvenga nel terzo medio crea una netta divisione fra due differenti gruppi muscolari. Il primo, che possiamo definire mediale, è formato dallo sternocleidomastoideo, gran pettorale e subclavio; questi muscoli tendono a mantenere il frammento mediale piuttosto fisso o in leggera posizione elevata a causa dell'azione dello sternocleidomastoideo. Il secondo gruppo muscolare è composto da deltoide e trapezio senza dimenticare l'azione dei legamenti coracoclavicolari che uniscono scapola e clavicola. Questo complesso influenza il segmento laterale della frattura in maniera spiccata: l'azione del deltoide e la gravità trascinano in direzione inferiore il segmento ruotandolo anteriormente a causa dell'inserzione del deltoide sulla faccia superiore del terzo laterale della**

clavicola che si orienta così verso il basso. La scapola stessa, libera dal vincolo clavicolare può avanzare per l'effetto combinato dei fattori sopracitati e per l'azione del trapezio, elevatore della scapola e gran dentato; l'integrità dei legamento coracoclavicolari costituisce un ulteriore importante fattore.



**Figura 7** Forze agenti sulla frattura mediale.

## **ALTERAZIONI CAUSATE DALLE MALUNIONI**

Oltre a descrivere l'anatomia delle malunioni gli autori indagano anche le alterazioni che queste comportano. In letteratura spicca l'assenza di studi di natura biomeccanica o chinesiológica che abbiano investigato l'associazione tra deformità della clavicola, specialmente nei casi di accorciamento, e le alterazioni conseguenti sul ritmo scapolomeroale. In linea generale si può dire che la letteratura disponibile si limita a constatare come il trattamento medico-conservativo delle fratture di clavicola possa favorire nella guarigione la formazione di deformità di varia natura e che in alcuni casi ciò possa favorire un malfunzionamento dell'intero cingolo. Le alterazioni biomeccaniche e chinesiológicas vengono però affrontate e risolte tramite osservazioni dirette, considerazioni personali e modelli ipotetici che non vengono poi però dimostrati con dati oggettivi.

Tra i più accurati nel descrivere le alterazioni del cingolo scapolare Kuhn, riconoscendo una rotazione anteriore del segmento laterale, osserva un'alarizzazione statica della scapola con il conseguente sollevamento dell'angolo scapolare inferiore dal muro toracico. Senza addurre dati oggettivi l'autore identifica i seguenti deficit:

- Limitazioni nel ROM
- Sintomi e segni di impingement
- Dolore periscapolare

**Basamania nel suo studio ha misurato la differenza di forza fra un gruppo di pazienti che dopo frattura di clavicola avevano residuo malunione con disfunzioni di spalla e un gruppo controllo. La differenza di forza registrata consiste in una perdita di forza di una percentuale compresa fra il 15% e il 32%.**

**Nell'articolo a cura di Edelson vengono approfondite le modificazioni che colpiscono la scapola. L'autore afferma che la malposizione scapolare è confermata clinicamente e radiograficamente: spesso si può osservare l'instaurarsi di un winging scapolare in associazione a una rotazione scapolare sul muro toracico alterata. La scapola risulta essere meno mobile a causa della forzata posizione in pronazione causata dall'accorciamento clavicolare.**

**Chan sull'argomento riporta alcune sue considerazioni: la clavicola malunita può intaccare la funzionalità del cingolo scapolare in quanto le deformità articolari e gli accorciamenti possono alterare la posizione della fossa glenoide e nei vari movimenti possono riscontrarsi alterazioni patologiche della mobilità scapolomero e delle rotazioni scapolari. Nel suo campione i pazienti presentavano discomfort in abduzione e in elevazione anteriore, ROM conservato e atrofie del trapezio.**

**Nordquist nei suoi articoli sostiene come le deformazioni conseguenti a frattura di clavicola non comportino disabilità al paziente ed in contrapposizione ad Eskola ed Hill nega l'esistenza di un'associazione fra l'accorciamento e il persistere di problematiche alla spalla colpita. Nello studio più significativo eseguendo un follow up 17 anni dopo la frattura in un campione di 225 clavicole trova 53 malunioni (24%) ma all'esame clinico solo 39 pazienti sul campione totale e 13 su quello delle clavicole malunite presentavano dolore moderato non influente sulla funzionalità.**

L'autore considera che l'ampiezza del follow-up può rappresentare un elemento positivo per la prognosi e si spiegherebbe così la differenza di risultati con altri studi. In un articolo precedente nega l'esistenza di un'associazione fra accorciamento e problematiche ma in questo caso l'autore prende in esame accorciamenti di circa 5 mm mentre in altri articoli si ritrovano misure ben più significative (15-20 mm). Si può ipotizzare che questa differenza non trascurabile possa poi avere conseguenze più importanti sulla funzionalità del cingolo.

Nel case report di Naert la malunione della clavicola consisteva in una sporgenza del segmento mediale in direzione postero inferiore ad invadere la regione della fossa soprascapolare in maniera tale da ridurre lo spazio utile per il muscolo vicino allo spazio subacromiale. Il soggetto viene descritto con dolore nelle attività in elevazione, senza limitazioni articolari né deficit muscolari mentre si evidenziava un'area dolorosa sopra la porzione laterale della clavicola e il processo coracoideo.

Mckee nel suo campione di 15 pazienti ad una distanza media dall'infortunio di 3 anni descrive le principali alterazioni. Dodici pazienti presentavano al lato colpito debolezza e dolore ingravescente con prove di resistenza; questa difficoltà emergente negli esercizi ripetuti veniva dichiarata dai pazienti essere la stessa che si presentava durante attività lavorative, ricreative o sportive. Inoltre l'autore riporta un'alta percentuale di sintomi neurologici. Il ROM medio del cingolo scapolare era:

- Flessione  $170^{\circ} \pm 20^{\circ}$
- Abduzione  $160^{\circ} \pm 25^{\circ}$
- Rotazione esterna  $70^{\circ} \pm 15^{\circ}$ .

Quasi la totalità dei pazienti non percepiva come accettabili i risultati ottenuti in quanto il consistente accorciamento e abbassamento dell'intero cingolo residuo causava un'insoddisfacente estetica e anche alcuni problemi quali riuscire a portare zaini in quel lato e la tendenza del reggiseno a scivolare in basso.

**La postura del cingolo viene modificata con un displacing in anteriore della glenomeroale in associazione al sollevamento dell'angolo inferiore della scapola originando una protrazione della spalla. Secondo l'autore è ragionevole pensare che l'accorciamento sul piano frontale ha effetti negativi sulla tensione muscolotendinea e sulla bilancia muscolare causando i sintomi descritti.**

**Hill nel suo studio, sulla base di un campione di 52 pazienti trattati conservativamente e a un follow-up medio di 38 mesi, indaga quali siano le alterazioni e i deficit più comuni.**

- **Sintomatologia dolorosa ( 13 pz)**
- **Difficoltà nel sollevamento di pesi (19 pz)**
- **Dolore con le spalline**
- **Impossibilità a dormire e giacere sul lato colpito**
- **Segni di compressione nervosa (16 pz)**
- **Tensione locale (20 pz)**
- **Diminuzione del ROM (3 pz)**
- **Diminuzione della forza (6 pz)**

**Inoltre l'autore afferma che su 52 fratture 8 erano esitate in non-unioni e che 16 pazienti su 52 (31%) hanno raggiunto risultati giudicabili non soddisfacenti. Hill fornisce ulteriori utili dati: 20 pazienti avevano sviluppato un abbassamento dell'intero cingolo e solamente 44 avevano conservato una piena articularità. Su 47 pazienti sottoposti ad esami radiologici anche al follow up si è evidenziato un accorciamento medio di 11,8 mm (0-22). Nello studio si afferma come un'accorciamento uguale o superiore a 20 mm sia in significativa associazione con risultati insoddisfacenti.**

**Nel suo studio Eskola esamina a distanza di 2 anni 89 fratture di clavicola delle quali 81 furono trattate conservativamente. Sessantacinque pazienti erano asintomatici, 20 pazienti avevano sviluppato una condizione non del tutto soddisfacente ovvero provavano dolore durante le attività mentre 4 pazienti persino a riposo.**

**Debolezza nel movimento di abduzione era accusato da 11 pazienti 8 dei quali erano guariti sviluppando l'accorciamento della clavicola. Restrizioni di movimento furono ritrovati solamente in 2 pazienti. Deformità varie furono riscontrate in 47 pazienti e l'accorciamento medio era di 12 mm (1-30). L'autore concludendo afferma che 24 pazienti su 81 (26%) che avevano ricevuto il trattamento conservativo presentavano vari sintomi quali: dolore nelle attività, occasionale dolore a riposo e debolezza in abduzione. In conclusione Eskola afferma che un accorciamento di 15 mm o più della clavicola è statisticamente associato a risultati non soddisfacenti.**

**Oroko<sup>22</sup> prendendo spunto da Eskola nega l'individuazione di un valore critico di accorciamento 15 mm dal quale si possa prevedere uno scarso risultato funzionale della guarigione. Oroko si basa su un campione di 41 pazienti che avevano sostenuto una frattura di clavicola e li esamina a un follow up medio di 38 settimane individuando 28 accorciamenti minori di 15 mm e 13 maggiori o uguali.**

**Oroko afferma che quando la clavicola si frattura tutto il cingolo crolla verso il basso e in avanti a causa della gravità e degli spasmi muscolari; inoltre l'accorciamento e l'instaurarsi di malformazioni sono eventi ricorrenti. I problemi accusati dai suoi pazienti erano principalmente incapacità di giacere sulla spalla affetta e dolore alla stessa specialmente con clima freddo.**

**Nelle sue conclusioni Ludewig fa importanti ed interessanti considerazioni su come alterazioni della cinetica clavicolare possano influenzare pesantemente tutto il movimento del cingolo. Basandosi sui dati registrati dai sensori di superficie durante l'elevazione del braccio nello studio si associano componenti del movimento scapolare con i corrispondenti movimenti clavicolari, entrambi necessari alla fluidità del ritmo scapolomeroale.**

**A causa delle connessioni meccaniche della clavicola con la scapola i movimenti alla SternoClavicolare (SC) risultano in movimenti scapolari sul torace. L'asse della Sc e quello della scapola sul torace non sono paralleli perciò l'elevazione e la rotazione posteriore alla SC coincidono con la upward rotation e con il posterior tipping della scapola mentre la protrazione- retrazione coincide con la rotazione scapolare interna esterna.**

**L'elevazione della clavicola durante l'elevazione del braccio sembra permettere meno del 50% del movimento in upward rotation della scapola.**

**Il rimanente di tale movimento deve coincidere con la rotazione posteriore della clavicola o AcrominClavicolare (AC) upward rotation.**

**Perciò la rotazione posteriore della clavicola è una componente importante del ritmo scapolo omerale a causa delle relazioni sia con la upward rotation che con il posterior tipping della scapola.**

**La riduzione nella rotazione clavicolare potrebbe inficiare su questi due movimenti e quindi potrebbe esserci un maggior fattore di rischio potenziale per un impingement glenomeroale, in effetti nei pazienti con impingement si ritrova ricorrentemente una ridotta posterior tipping. Altrimenti in caso di riduzione SC si potrebbe creare un compenso AC che porterebbe a una maggiore degenerazione o a un scapular winging.**

Per quel che riguarda le alterazioni che la malunione di clavicola comporta, in letteratura si riscontrano alcune considerazioni sulle quali gli autori convergono. Le deformità della clavicola in seguito a frattura trattata conservativamente come abbiamo visto ricorrono frequentemente (50%), Gli autori nei loro articoli generalmente considerano il trattamento conservativo l'approccio migliore in quanto, nonostante le deformità frequenti i risultati funzionali risultano essere per la maggior parte dei casi soddisfacenti tanto che la revisione chirurgica viene attuata solo nei casi di problematiche di tipo neurovascolare o anche estetiche.

Esiste però una percentuale, stando alla letteratura, di pazienti che dopo frattura della clavicola accusano una serie di problematiche legate all'uso della spalla colpita.

La determinazione di questa percentuale non è certamente facile: prendendo in considerazione gli studi a disposizione troviamo un 17% sul totale delle fratture dichiarato da Nordquist mentre Eskola e Hill indicano dati maggiori ma più simili: 26% e 31% delle fratture di clavicola trattate conservativamente esitano in risultati non soddisfacenti. La mancanza di uniformità nei follow up e nei criteri di valutazione che negli articoli non vengono in tutti i casi riportati fanno perdere validità assoluta ai dati riportati soprattutto quando si opera una comparazione fra i vari autori.

Resta però innegabile la presenza non certo esigua di una fetta di pazienti colpiti da tale infortunio che esitano in risultati non soddisfacenti.

Dovendo approfondire la natura delle alterazioni che le malunioni comportano possiamo trovare un collegamento fra il pattern di guarigione con deformità descritto precedentemente e alcune alterazioni.

La guarigione del frammento laterale in rotazione anteriore e leggermente deviato in direzione antero-inferiore si abbina inevitabilmente a un diverso atteggiamento di tutto il cingolo scapolare. Diversi autori ritrovano infatti un malposizionamento scapolare che si caratterizza con il sollevamento dell'angolo inferiore della scapola dal muro toracico (winging scapolare). Inoltre sempre a carico della scapola vengono riconciute altre alterazioni: posizione globale in protrazione e posizionamento della glena in posizione più

anteriorizzata con variazione del piano scapolare che avanza e si orienta più coronalmente.

Estremamente interessanti sono le considerazioni di Ludewig per quanto riguarda il comportamento scapoloclavicolare durante il movimento di elevazione del braccio dopo la guarigione del segmento laterale in posizione infero-anteriore e ruotato anteriormente. Riassumendo tali considerazioni l'autore sostiene che le connessioni tra scapola e clavicola durante il movimento di tutto il cingolo fanno sì che ai movimenti scapolari corrispondano strettamente precisi posizionamenti della clavicola.

Nell'elevazione dell'omero la scapola compie un'upward rotation alla quale corrisponde l'elevazione clavicolare nella prima fase e la backward rotation nella fase conclusiva del movimento; la rotazione posteriore della clavicola risulta così in relazione al posterior tipping della scapola.

La presenza di deformità, specialmente in accorciamento, altera verosimilmente la bilancia muscolare statica ma soprattutto dinamica con una possibile alterazione in restrizione di questi movimenti. Una limitata rotazione posteriore della clavicola quali conseguenze comporterebbe per il movimento di tutto il cingolo? La letteratura attualmente non risolve questo quesito in quanto non vi sono articoli che affrontano in maniera precisa l'argomento con l'utilizzo di strumenti che forniscano dati oggettivi. In linea teorica una riduzione della rotazione posteriore della clavicola potrebbe limitare il posterior tipping scapolare esponendo così l'articolazione glenomerale a maggior rischio di impingement. Alternativamente si potrebbe creare un compenso a livello acromioclavicolare con conseguente aumento di patologie degenerative-infiammatorie in questa articolazione.

Le limitazioni del ROM sono una conseguenza non rilevante e che trova minimi spazi in letteratura, questo elemento è tra i principali motivi per cui la frattura di clavicola viene considerata nella maggior parte dei casi avente prognosi positiva.

Nella letteratura gli autori indicano la possibilità di ritrovare altre problematiche precise: innanzitutto la difficoltà nel sollevare pesi o nel compiere movimenti in abduzione ripetuti o con controresistenza.

**Uniformemente il movimento in abduzione viene riconosciuto come il più critico. La diminuzione di forza e sintomi comparabili con quelli di una impingement syndrome sono gli altri segni più riportati.**

**Per quel che riguarda il sintomo dolore esso viene riportato come una problematica di primaria rilevanza: stando alla letteratura circa un 25% dei soggetti colpiti lamenterebbe dolore nelle attività e occasionalmente anche a riposo.**

**Un altro elemento estremamente ricorrente è l'impossibilità a giacere sul lato colpito, anche a notevole distanza temporale dalla frattura.**

**La perdita di forza globale ma soprattutto in abduzione è un ritrovato presente nell'articolo di Basamania, il quale descrive un calo di forza compreso fra il 15% e il 32%.**

## **CONCLUSIONI RIABILITATIVE**

**In definitiva la frattura di clavicola trattata conservativamente che guarisce con le deformità precedentemente descritte potrebbe comportare problematiche soprattutto nell'elevazione tramite l'abduzione del braccio che fa insorgere sintomi tra loro correlati quali dolore e debolezza.**

**Come già ribadito in letteratura gli articoli trattanti queste argomentazioni risultano poveri dal punto di vista biomeccanico e chinesilogico e le conclusioni alle quali arrivano non sono il frutto di misurazioni obiettive e ripetibili bensì di osservazioni e idee personali.**

**Come è stato però riportato questi articoli contengono tratti tra loro comuni e comparabili; resta però purtroppo una generale povertà metodologica che impedisce di raggiungere conclusioni che possano avere le sembianze dell'evidenza medica.**

**La situazione tipica che emerge dalla letteratura e che si potrebbe porre al riabilitatore consiste quindi in un paziente con una postura del cingolo modificata anteroinferiormente, con dolore principalmente in abduzione-elevazione e deficit di forza.**

**La causa di questa situazione potrebbe risiedere, oltre che nella postura modificata anche nella diminuita motilità clavicolare e specialmente nella ridotta rotazione posteriore clavicolare che limita il tipping posteriore della scapola.**

A proposito dell'alterata biomeccanica muscoloscheletrica del cingolo, Smith<sup>23</sup> nel suo articolo indaga l'ipotesi secondo la quale la posizione protratta dell'intero cingolo, tipico esito di malunione dopo frattura clavicolare, riduce la performance isometrica della spalla stessa.

A questo scopo conduce una ricerca utilizzando un campione di soggetti sani che vengono impegnati in contrazioni isometriche con il braccio flesso a 90° sul piano sagittale in posizioni di protrazione, retrazione e in posizione neutra. La protrazione di spalla comporterebbe una serie di alterazioni rilevanti: lo spazio subacromiale viene ridotto diminuendo così il ROM libero da contatto subacromiale; inoltre in posizione di abduzione a 90° e in rotazione esterna viene aumentata la forza nella porzione anteriore del legamento glomerale inferiore. Sicuramente una malposizione posturale della scapola altera l'efficienza meccanica della muscolatura della spalla: verrebbero infatti sfavorevolmente modificati gli equilibri muscolari.

Più precisamente il rapporto lunghezza di partenza - forza erogabile dai muscoli stabilizzatori mediali della scapola (trapezio e romboidi) verrebbe alterato negativamente causando un effetto simile sulla muscolatura che origina dalla scapola stessa: il deltoide e la cuffia dei rotatori i quali avendo l'origine muscolare in posizione alterata non possono biomeccanicamente esprimere la stessa direzione e lo stesso grado di forza.

I risultati dello studio affermano che con la scapola in protrazione la forza in elvazione si riduce significativamente (-23%) e che è perciò possibile dire che una deviazione dalla posizione scapolare neutrale può causare la compromissione della funzione muscolare di tutta la spalla.

Queste affermazioni non possono che essere spunti di partenza per un'attenta valutazione sul paziente.

Allo stesso modo, senza poter prescindere da un riscontro reale, è possibile ipotizzare l'alterazione della bilancia muscolare.

Anteriormente il gran pettorale risulterebbe accorciato e contratto predisponendo così la testa omerale in rotazione interna.

**Il deltoide, soprattutto nella porzione media e posteriore, subirebbe un accorciamento con conseguenze logiche sulla cinetica abduzione. Posteriormente il trapezio risulterà accorciato nei suoi fasci superiori ma disteso nei fasci medi ed inferiori. Il gran dentato risulta, a causa dell'origine sul lato mediale della scapola accorciato. La muscolatura mediale della scapola, a causa dell'allontanamento di quest'ultima dalla colonna risultano allungati. Dal punto di vista della forza è presumibile ritenere i muscoli allungati meno capaci di esprimere una valida contrazione, al contrario i muscoli accorciati risulteranno trarre maggiormente il segmento scheletrico ed opporsi a una loro distensione.**

**Tale argomento è affrontato da Wang<sup>24</sup> che nel suo articolo indaga se con un protocollo di esercizi di rinforzo e di stretching muscolare sia possibile alterare la postura e la cinematica del cingolo scapolare.**

**A tal scopo utilizza un campione di 20 soggetti asintomatici con il cingolo scapolare protratto. Secondo l'autore tale posizione impedisce una corretta upward rotation della scapola e favorisce un non fisiologico anterior tilting. Il trattamento proposto consiste in comuni esercizi di rinforzo con resistenza elastica mirati alla muscolatura mediale stabilizzatrice della scapola, agli adduttori e ai rotatori esterni. In abbinamento venivano eseguiti esercizi di stretching bilaterale del gran pettorale.**

**I risultati ottenuti indicano l'aumento di forza in tutti i gruppi muscolari sottoposti al trattamento senza però assistere a una modificazione del rapporto fra rotatori interni ed esterni e nemmeno fra adduttori ed abduzione.**

**L'atteggiamento posturale a riposo non ha subito cambiamenti rilevanti e nemmeno il tilt scapolare durante l'abduzione. Marcata invece la differenza dell'upward rotation della scapola a 90° di abduzione sul piano scapolare che risulta essere più contenuta rispetto alla valutazione pre-trattamento. Questo dato indica però la possibilità di migliorare la fluidità del ritmo scapolomeroale più che la possibilità di correggere la protrazione del cingolo.**

**In letteratura non vi sono articoli che affrontino in quest'ambito l'argomento riabilitativo perciò le considerazioni riportate finora devono essere spunto di riflessione e di partenza per un'attenta valutazione chinesiológica sul paziente. Per approfondire le nostre conoscenze sull'argomento sarebbe necessario effettuare uno studio sperimentale su pazienti ponendosi come obiettivo lo studio delle alterazioni biomeccaniche e la sperimentazione di tecniche, protocolli e strategie riabilitative.**



## **BIBLIOGRAFIA**

- 
- <sup>1</sup> Jeffrey et al. Clavicle fractures, individualizing treatment for fracture type. The physician and sportsmedicine – vol 31- no.12 – december 2003
- <sup>2</sup> Nowak J, Mallmin H, Larsson S. The aetiology and epidemiology of clavicular fractures. A perspective study during a two-year period in uppsala, Sweden. Injoury, Int. J. Care injured 31 (2000) 353-358
- <sup>3</sup> Naert P, Chipchase S, Krishnan J. Clavicular malunion with consequent impingement syndrome. J Shoulder Elbow Surg 1998;7:548-50
- <sup>4</sup> Hill J, Mcguire M, Crosby L. Closed treatment of displaced middle-third fractures of the clavicle gives poor results.  
J bone Joint Surg (Br) 1997;79-b:537-9
- <sup>5</sup> Eskola A, Vainionpaa S, Myllynen P et al. Outcame of clavicular fracture in 89 patients. Arch Orthop Trauma Surg (1986) 105:337-338
- <sup>6</sup> Lawrence C, Fracture, clavicle. Emedicine.com
- <sup>7</sup> Hutchinson M et al. Diagnosing and treating clavicle injuries.  
The physician and sportsmedicine - vol 24 – n°3 – march 96
- <sup>8</sup> Rubino J et al, Clavicle fractures. Emedicine.com
- <sup>9</sup> Mckee et al. Midshaft malunions of the clavicle.  
The journal of bone & joint surgery – Volume 85-A –Number 5 – May 2003
- <sup>10</sup> Nordquist et al. Mid-clavicle fractures in adults : end result study after conservative treatment. J orthop trauma, volume 12(8).November 1998.572-576
- <sup>11</sup> Edelson JG. The bony anatomy of clavicular malunions.  
J shoulder elbow surg 2003;12:173-8
- <sup>12</sup> Basamania CJ et al. Open reduction and intramedullary fixation of displaced clavicle fractures. J shoulder elbow surg 1999;8:539
- <sup>13</sup> Caillet. Il dolore scapolo-omerale
- <sup>14</sup> Gray H, Anatomy of the human body. The clavicle.
- <sup>15</sup> Hochschild. Apparato locomotore, anatomia e funzioni.
- <sup>16</sup> Fung M et al. Scapular and clavicular kinematics during humeral elevation: A study with cadavers. J shoulder elbow surg 2001;10:278-85.

---

<sup>17</sup> Ludewig P et al, Three-dimensional clavicular motion during arm elevation: reliability and descriptive data.

J orthop sports phys ther – volume 34 – n°3 – march 2004

<sup>18</sup> Chan KY et al, Clavicle malunion. J shoulder elbow surg 1999 ;8 :287-90.

<sup>19</sup> Kuhn JE et al, Symptomatic malunions of the middle clavicle. .

J shoulder elbow surg 1999;8:539-540

<sup>20</sup> Nordquist et al, The natural course of lateral clavicle fracture. Acta orthop scand 1993;64(1):87-91

<sup>21</sup> Nordquist et al, Shortening of the clavicle after fracture. Acta orthop scand 1997;68(4):349-531

<sup>22</sup> Oroko PK, Does shortening matter after clavicular fractures?.

Bull hospital for joint disease – volume 58 – n°1, 1999;6-8.

<sup>23</sup> Smith J et al, Effect of scapular protraction and retraction on isometric shoulder elevation strength. Arch phys med rehabil, vol 83, march 2002

<sup>24</sup> Wang CH et al, Stretching and strengthening exercises: their effect on three-dimensional scapular kinematics. Arch phys med rehabil vol 80, august 1999.