



Campus di
Savona

Università degli Studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscolo-Scheletrici

Sede : Campus Universitario di Savona

*In collaborazione con Master of Science in Manual Therapy
Libera Università di Brussel*



LA DISCINESIA SCAPOLARE: DALLA VALUTAZIONE EMG AL TRATTAMENTO.

Relatore: Erica Monaldi

Tesi di: Chiara Bini

Anno Accademico 2008/2009

INDICE

ABSTRACT.....	pag. 3
1- INTRODUZIONE.....	pag. 5
2- METODI & MATERIALI.....	pag. 6
3- DISCUSSIONE:	
3.1 ANATOMIA FUNZIONALE DELL'ARTICOLAZIONE SCAPOLO TORACICA.....	pag. 13
3.2 MUSCOLI SCAPOLO TORACICI.....	pag. 16
3.3 LA DISCINESIA SCAPOLARE.....	pag. 18
3.4 RIABILITAZIONE DEL TIMING SCAPOLARE.....	pag. 23
4- CONCLUSIONI.....	pag. 30
BIBLIOGRAFIA.....	pag. 32

ABSTRACT

Background: La scapola riveste importanti ruoli per la corretta funzionalità dell'arto superiore: fornisce una rotazione sincrona al movimento omerale, è una base stabile per la cuffia dei rotatori e funziona come un anello della catena cinetica dell'arto superiore (10). Un' alterazione del posizionamento scapolare, sia statico che dinamico è chiamata "discinesia scapolare"; talvolta alla base di questa modificazione vi è un cambiamento del pattern di attivazione dei muscoli scapolo toracici. L'elaborato si propone di far emergere quali siano le alterazioni EMG specchio di una discinesia e quali le strategie di riabilitazione più idonee alla risoluzione del problema.

Metodo: La ricerca degli articoli è stata effettuata attraverso il database PUBMED tramite le seguenti parole chiave: *scapula AND dyskinesias, scapula AND electromyography, scapular AND dyskinesias AND rehabilitation, scapular AND muscles AND balance, scapular AND biomechanics OR kinematics*. E' stata quindi compiuta una seconda selezione (attraverso la lettura degli abstract) basata sull'inerenza degli articoli all'argomento trattato in questa revisione. Si è effettuata una ricerca manuale sui seguenti testi specialistici: A. Fusco, A. Foglia "La Spalla dello Sportivo", I.A. Kapandji, "Fisiologia articolare", Sharman Shirley A. "Valutazione funzionale e trattamento delle sindromi da disfunzione del movimento".

Risultati e conclusioni: Dai testi selezionati è emerso come spesso alla base di una scapola discinetica vi siano pattern di attivazione muscolari "standard" ai quali corrisponderà un riequilibrio muscolare ben preciso. In particolare è presente un aumento di attività del trapezio superiore nei movimenti di abduzione, elevazione (specialmente ad alto carico), rotazione esterna (19, 23, 25) e una diminuita attività delle fibre medie ed inferiori del trapezio e del serrato anteriore. Dagli studi analizzati emerge inoltre come nel programma riabilitativo per il recupero funzionale della spalla discinetica sia

raccomandabile l'esecuzione di esercizi che prevedano un rinforzo del trapezio medio/inferiore e del serrato anteriore a scapito delle fibre superiori del trapezio. In particolare alcuni esercizi si sono mostrati più idonei a questo scopo tra cui: l'estensione da prono, l'abduzione orizzontale da prono con rotazione esterna, la rotazione esterna e la flessione in side lying (7, 31, 32).

1.INTRODUZIONE

La scapola riveste importanti ruoli per la corretta funzionalità dell'arto superiore: fornisce una rotazione sincrona al movimento omerale, è una base stabile per la cuffia dei rotatori e funziona come un anello della catena cinetica (10).

L'esatto ruolo della scapola è spesso sottovalutato in molte situazioni cliniche e ciò si traduce in una valutazione incompleta dei problemi di spalla (25). L'insorgenza di dolore e di patologie come l'impingement o l'instabilità, è talvolta provocato da un alterato posizionamento della scapola, dalla debolezza o accorciamento dei muscoli che vi si inseriscono, da uno scarso controllo motorio di questi. Tali situazioni predispongono ad un errato centraggio della testa omerale e modificano la posizione di riposo o di movimento dinamico della scapola; quest'alterazione è stata definita "discinesia scapolare"(10).

Nel 2000 Ludewing and Cook mostrarono come in una popolazione di lavoratori con attività over-head che presentavano impingement era presente, durante l'elevazione, un' aumento dell'attività muscolare di trapezio superiore e inferiore correlata però ad una diminuzione di attività muscolare del dentato anteriore. (23)

In un articolo del 2006 Cools ha dimostrato la presenza di squilibri dei muscoli scapolari in pazienti con sintomi da impingement a sottolineare l'importanza del ripristino dell'equilibrio muscolare nella riabilitazione di spalla.(19)

Visti questi presupposti nel seguente elaborato si è cercato di far chiarezza sulle attuali evidenze che riguardano:

- Le alterazioni dell'attivazione muscolare (EMG) specchio di una discinesia di scapola;
- La validità delle strategie di riabilitazione del timing scapolare.

2.METODI & MATERIALI

• RICERCA

Database utilizzati: MEDLINE;

Parole chiave: scapula AND dyskinesias, scapula AND electromyography, scapular AND dyskinesias AND rehabilitation, scapular AND muscles AND balance, scapular AND biomechanics OR kinematics.

Libri: A. Fusco, A. Foglia "La Spalla dello Sportivo", I.A. Kapandji, "Fisiologia articolare", Sharman Shirley A. "Valutazione funzionale e trattamento delle sindromi da disfunzione del movimento".

• SELEZIONE ARTICOLI

Per quanto riguarda la ricerca attraverso PUBMED sono stati presi in considerazione gli articoli in lingua inglese ed è stata quindi effettuata una seconda selezione (attraverso la lettura degli abstract) basata sull'inerenza degli articoli all'argomento trattato in questo elaborato. La ricerca del formato "full text" degli articoli scelti è avvenuta direttamente sulle riviste scientifiche di pubblicazione (grazie al loro formato elettronico disponibile tramite la biblioteca dell'Università di Genova).

Per gli articoli numero 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 20, 24, 30, 31, 32 non è stato possibile reperire il formato "full text", ma solo gli abstract che sono comunque stati utilizzati ai fini della stesura del testo.

Tramite l'analisi delle bibliografie degli articoli utilizzati sono stati reclutati altri testi considerati inerenti allo studio:

Da *A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 1: reliability*. McClure P, Tate AR, Kareha S, Irwin D, Zlupko E.; J Athl Train. 2009 Mar-Apr;44(2):160-4, sono stati ricavati 2 articoli:

1. *The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals*. Borstad JD, Ludewig PM. J Orthop Sports Phys Ther. 2005 Apr;35(4):227-38;
2. *Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome*. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Phys Ther. 2006 Aug;86(8):1075-90.

Articolo citato anche in : *Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement*; Phadke V, Camargo P, Ludewig P. Rev Bras Fisioter. 2009 Feb 1;13(1):1-9

• CRITERI DI INCLUSIONE ED ESCLUSIONE ARTICOLI

Sono stati inclusi nella ricerca gli articoli in lingua inglese che trattassero la biomeccanica scapolare, l'elettromiografia dei muscoli scapolari in modo particolare nella discinesia di scapola, e la riabilitazione del ritmo scapolo-omerale.

Sono stati esclusi gli articoli non in lingua inglese che trattassero di traumi., fratture, patologie di età pediatrica, patologie neoplastiche o neurologiche dell'articolazione scapolo-omerale.

Nella tabella seguente vengono riportati gli articoli selezionati a seconda delle key words e dei limiti scelti:

SITO DI RICERCA	STRINGA O KEY WORDS	LIMITI	N°	SCARTATI	ARTICOLI SELEZIONATI
PUBMED	("scapula"[MeSH Terms] OR "scapula"[All Fields]) AND ("dyskinesias"[MeSH Terms] OR "dyskinesias"[All Fields])		17	15	Evaluation of clinical assessment methods for scapular dyskinesis. Uhl TL, Kibler WB, Gecewich B, Tripp BL. Arthroscopy. 2009 Nov;25(11):1240-8. A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 2: validity. Tate AR, McClure P, Kareha S, Irwin D, Barbe MF; J Athl Train. 2009 Mar-Apr;44(2):165-73. A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 1: reliability. McClure P, Tate AR, Kareha S, Irwin D, Zlupko E. J Athl Train. 2009 Mar-Apr;44(2):160-4.
PUBMED	"Scapula"[Mesh] AND "Electromyography"[Mesh]	Humans, Clinical Trial, Meta-	27	18	Shoulder muscle activity and function in common shoulder rehabilitation

		Analysis, Practice Guideline, Randomized Controlled Trial, Review, English.			exercises. Escamilla RF, Yamashiro K, Paulos L, Andrews JR. Sports Med. 2009;39(8):663-85. Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, Tambay N, Cunningham T. Am J Sports Med. 2008 Sep;36(9):1789-98. Epub 2008 May 9. An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push up and push up plus exercises. Lehman GJ, Gilas D, Patel U. Man Ther. 2008 Dec;13(6):500-6. Epub 2007 Jul 20. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, Notebaert D, Roets A, Soetens B, Cagnie B, Witvrouw EE. Am J Sports Med. 2007 Oct;35(10):1744-51. Epub 2007 Jul 2. Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2005 Aug;20(7):700- Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis.Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli
--	--	--	--	--	---

					RA.J Electromyogr Kinesiol. 2005 Aug;15(4):418-28. Epub 2004 Dec 25. Comparing the function of the upper and lower parts of the serratus anterior muscle using surface electromyography. Ekstrom RA, Bifulco KM, Lopau CJ, Andersen CF, Gough JR. J Orthop Sports Phys Ther. 2004 May;34(5):235-43. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. J Orthop Sports Phys Ther. 1996 Aug;24(2):57-65. Review. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. J Orthop Sports Phys Ther. 2003 May;33(5):247-58.
PUBMED	Scapular[All Fields] AND ("dyskinesias"[MeSH Terms] OR "dyskinesias"[All Fields] OR "dyskinesis"[All Fields]) AND ("rehabilitation"[Subheading] OR "rehabilitation"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Terms])	Humans, Clinical Trial, Meta-Analysis, Practice Guideline, Randomized Controlled Trial, Review, English.	15	7	Current concepts: scapular dyskinesis. Kibler WB, Sciascia A. Br J Sports Med. 2010 Apr;44(5):300-5. Epub 2009 Dec 8 Current concepts for shoulder training in the overhead athlete. Kennedy DJ, Visco CJ, Press J. Curr Sports Med Rep. 2009 May-Jun;8(3):154-60. Review

					Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. Ebaugh DD, Spinelli BA. J Electromyogr Kinesiol. 2010 Apr;20(2):199-205. Epub 2009 Apr 29. Scapular involvement in impingement: signs and symptoms. Kibler WB. Instr Course Lect. 2006;55:35-43. Review The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. Arthroscopy. 2003 Jul-Aug;19(6):641-61. Detecting and treating shoulder impingement syndrome: the role of scapulothoracic dyskinesis. Depalma MJ, Johnson EW. Phys Sportsmed. 2003 Jul;31(7):25-3 Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. Kibler WB, McMullen J. J Am Acad Orthop Surg. 2003 Mar-Apr;11(2):142-51. Review. Internal impingement in the tennis player: rehabilitation guidelines. Cools AM, Declercq G, Cagnie B, Cambier D, Witvrouw E. Br J Sports Med. 2008 Mar;42(3):165-71. Epub 2007 Dec 10. Review.
PUBMED	scapular[All Fields] AND ("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields])	Human, english	21	18	The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts

	AND ("Balance"[Journal] OR "balance"[All Fields])				within the serratus anterior muscle: a novel approach for rehabilitation of scapular muscle imbalance. Holtermann A, Mork PJ, Andersen LL, Olsen HB, Søgaard K. J Electromyogr Kinesiol. 2010 Apr;20(2):359-65. Epub 2009 Apr 1. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, Mahieu NN, Witvrouw EE. Scand J Med Sci Sports. 2007 Feb;17(1):25-33. Epub 2006 Jun 15. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ. Am J Sports Med. 2004 Mar;32(2):484-93.
PUBMED	(scapular[All Fields] AND ("biomechanics"[MeSH Terms] OR "biomechanics"[All Fields] OR "kinematics"[All Fields]))	Humans, Clinical Trial, Meta-Analysis, Practice Guideline, Randomized Controlled Trial, Review, English.	50	46	The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. Ludewig PM, Reynolds JF. J Orthop Sports Phys Ther. 2009 Feb;39(2):90-104. Review. Shoulder rehabilitation strategies, guidelines, and practice. Kibler WB, McMullen J, Uhl T. Orthop Clin North Am. 2001 Jul;32(3):527-38. Review. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder

					impingement. Ludewig PM, Cook TM. Phys Ther. 2000 Mar;80(3):276-91. Review. The role of the scapula in athletic shoulder function. Kibler WB. Am J Sports Med. 1998 Mar-Apr;26(2):325-37. Review.
--	--	--	--	--	---

Tab 1: Elenco degli articoli utilizzati per la stesura del lavoro a seconda delle key words riportate in Pubmed.

3.DISCUSSIONE

3.1 ANATOMIA FUNZIONALE DELL'ARTICOLAZIONE SCAPOLO-TORACICA:

La scapola è un osso piatto, largo e triangolare adeso alla faccia postero laterale del torace.

In posizione normale si estende dalla 2° alla 7° costa; in riferimento alla linea delle apofisi spinose:

- L'angolo supero-interno corrisponde alla 2° spinosa dorsale;
- L'angolo inferiore alla 7° o 8° spinosa dorsale;
- L'estremità interna della spina scapolare corrisponde alla 3° spinosa dorsale.

Il margine interno (o spinale) della scapola si trova a 5-6 cm dalla linea delle apofisi spinose.

La scapola forma col piano frontale un angolo di 30° aperto verso l'esterno, la direzione della clavicola è invece obliqua verso l'esterno e posteriormente così da formare col piano della scapola un angolo di 60° aperto medialmente. (26)

Il movimento scapolare comprende:

- Upward/ Downward rotation attorno ad un asse orizzontale perpendicolare al piano della scapola ;
- Rotazione interna/esterna attorno ad un asse verticale che attraversa il piano della scapola;
- (Tilt antero/posteriore attorno ad un asse orizzontale su l piano scapolare.

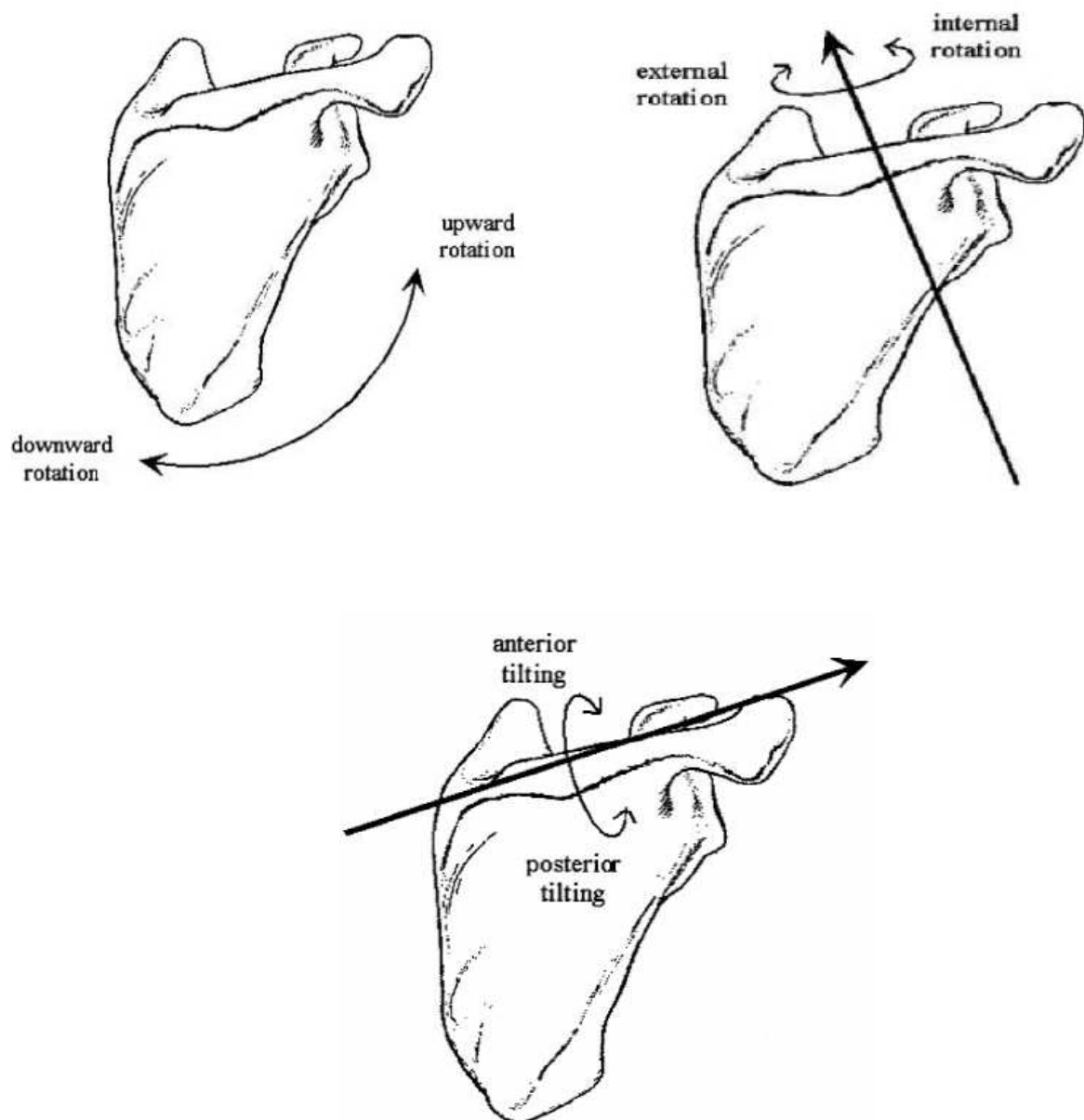


Fig.1 : Movimenti scapolari di rotazione e tilting tratti da McClure (33).

Il normale ritmo scapolo omerale, il movimento coordinato tra scapola e omero, è la chiave di una spalla funzionale (10).

Si compone di 3 fasi:

1. 0-30° di abduzione gleno omerale: non si realizzano movimenti a carico della scapola;
2. 30°-90°, la scapola si abduce e ruota verso l'alto di 1° ogni 2° di elevazione omerale;
3. 90°-120°, scapola ed omero si muovono in rapporto 1°:1°. (27)

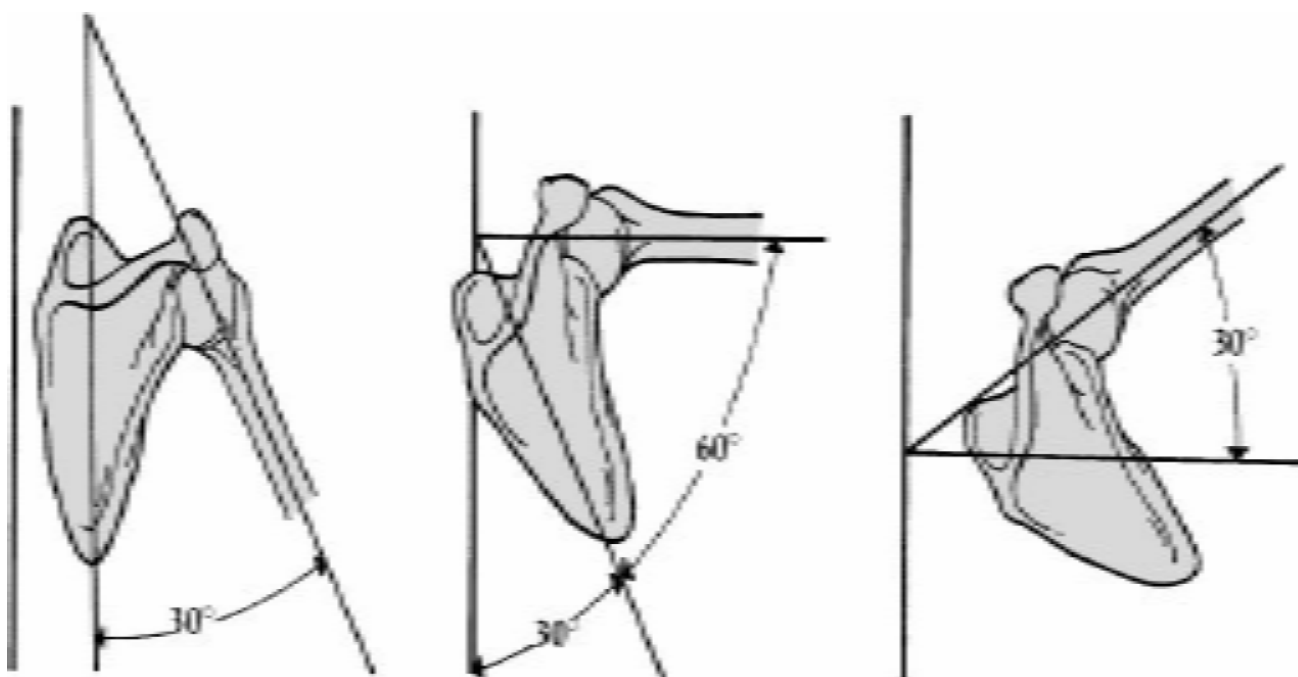


Fig. 2: Rappresentazione del ritmo scapolo omerale.(27)

La cinematica scapolo-toracica coinvolge movimenti combinati delle articolazioni sternoclavicolari (SC) e acromioclavicolari (AC). Considerevoli movimenti tridimensionali avvengono sia nelle articolazioni SC che in quelle AC durante l'elevazione del braccio in soggetti sani. La clavicola dimostra uno schema di leggera elevazione e una retrazione sempre maggiore mentre l'elevazione del braccio sopra la testa aumenta. Simultaneamente la scapola ruota verso l'alto, internamente e si inclina posteriormente in rapporto alla clavicola nell'articolazione AC. Questi movimenti in realtà derivano dai movimenti clavicolari nell'articolazione SC. L'elevazione scapolo-toracica è il risultato dell'elevazione dell'articolazione SC, e l'abduzione/adduzione è il risultato della protrazione/retrazione dell'articolazione SC.

Ovviamente la cinematica scapolare è direttamente correlata all'attività e alla coordinazione muscolare del soggetto (25).

3.2 MUSCOLI SCAPOLO TORACICI

Negli studi sulla spalla alcuni autori hanno approfondito la cinematica e l'attività EMG per mettere in relazione lo stato funzionale del muscolo con i movimenti scapolari; nonostante l'utilizzo di diversi approcci, si è registrato un consenso generale per quanto riguarda i ruoli dei muscoli scapolari durante i movimenti omerali (25): la stabilità scapolare ed il movimento sul piano toracico coinvolgono coppie di forze formate dalle fibre del trapezio superiore ed inferiore (che adducono e ruotano cranialmente la scapola), dal serrato anteriore (che abduce la scapola e la fa aderire al torace) e dai muscoli romboidi (8,10,19,20).

In particolar modo in uno studio del 1986 Bagg & Forrest descrissero i pattern di attivazione muscolare a seconda delle fasi di up-ward rotation di scapola associata ad un movimento di elevazione omerale:

L'attività del *trapezio superiore* inizia già dai primi gradi di elevazione per poi raggiungere un plateau costante tra i 90° e i 120°; oltre questo livello l'attività del muscolo incrementa gradualmente, raggiungendo un picco massimo alla fine dell'elevazione. La rilevazione importante è data dalla fase intermedia in cui l'incremento di forza si riduce: in questa fase, Bagg ha notato una variabilità individuale.

L'attività del *trapezio medio* si è dimostrata variabile in ognuna delle fasi studiate; l'incremento di forza viene evidenziato dopo i 100°; ciò suggerisce che le fibre del trapezio medio, pur non avendo funzione rotatoria a causa della loro disposizione, hanno un'importante funzione di stabilizzazione (28). Anche il trapezio inferiore svolge una funzione stabilizzatrice durante l'adduzione dell'arto dall'elevazione poiché mantiene la scapola aderente al torace (10); inoltre è stato rivelato un basso livello di ampiezza del segnale EMG fino a circa 90°, oltre i quali il segnale mostra un rapido incremento di ampiezza (28).

Il *dentato anteriore* aumenta l'attività fin dall'inizio dell'abduzione fino ad un plateau tra i 75° e 105° per poi incrementare nuovamente; Kibler nel 2010 lo considera un muscolo "multifunzionale" poiché contribuisce a tutte le componenti di movimento 3D a causa della disposizione variegata delle sue fibre muscolari (10). Le fibre medie e inferiori del dentato anteriore sono

allineate in modo vantaggioso soprattutto per il posterior tilt e la rotazione esterna di scapola, sono infatti le uniche che riescono a combinare entrambi i movimenti (25).

Anche altri muscoli, come il *piccolo pettorale*, svolgono un ruolo importante(10). Quest'ultimo in particolar modo origina dalla 3° alla 5° costa fino al processo coracoideo scapolare ed è in grado di produrre un movimento di rotazione infero-interna ed un tilt anteriore della scapola (25). Un eccesso di tensione attiva o passiva di questo muscolo porterebbe ad una modificazione della cinematica della scapola durante l'elevazione dell'arto. Phadke in un articolo del 2009 prende in considerazione uno studio di Borstad JD & Ludewig PM in cui si confrontavano due gruppi di soggetti sani: uno con il piccolo pettorale accorciato, l'altro con una lunghezza normale. Nel primo gruppo vi erano significative riduzioni di tilt posteriore ed un aumento di rotazione interna scapolare durante l'elevazione dell'arto; questo a supporto dell'ipotesi che un accorciamento del piccolo pettorale possa influire sulla cinematica scapolare ed essere dannoso per un presunto rischio da impingement. (a)

D. Ebaugh ha sottolineato l'importanza dell'attivazione muscolare all'interno del movimento scapolare in uno studio del 2005 (8); ha infatti dimostrato come il movimento della scapola sul torace fosse influenzato a seconda che il movimento fosse attivo o passivo. Durante l'elevazione passiva dell'arto superiore si registra infatti una diminuzione dell'up-ward rotation scapolare rispetto ad un movimento attivo, specialmente nel mid-range di elevazione omerale (30°-150°). Questo modello sottolinea come il trapezio superiore e inferiore ed il serrato anteriore svolgano un ruolo primario nella up-ward scapolare (8). Alcune delle differenze cinematiche ricavate da questo studio sono tuttavia piccole (4°-5°), in accordo con lo studio di Ludewig & Cook del 2000, nel quale si evidenzia come anche piccole differenze di movimento di 4°-5° possano essere associate ad impingement e diminuita clearance subacromiale (23).

3.3 LA DISCINESIA SCAPOLARE

Abbiamo fino ad ora analizzato la cinematica scapolare fisiologica ma la scapola può andare incontro a diverse disfunzioni.

Queste sono dovute in genere ad una cattiva posizione di partenza della scapola o ad un alterato timing di attivazione dei muscoli toraco-scapolari durante i movimenti attivi del braccio (27).

Il movimento e/o posizione scapolare anormali sono chiamati comunemente “scapola alata” o “scapola discinetica” (*scapular dyskinesias* o in modo più appropriato *scapular dyskinesis*). (10)

Per *scapola alata* (*scapular winging*) ci si riferisce alla prominenza del bordo mediale della scapola, che il più delle volte è associato ad una paralisi del nervo toracico o palesemente ad una debolezza dei muscoli scapolari. (4, 10, 23); il termine “alata” sta a descrivere un’anomalia visiva, ma omette se è tipo statico, dinamico o entrambe (10).

Secondo Kibler anche il termine “discinesia” è poco rigoroso: la definizione precisa di discinesia scapolare indica un’alterazione del movimento volontario, ma solo le traslazioni scapolari (elevazione/depressione e retrazione/protrazione) possono essere eseguite volontariamente, al contrario le rotazioni sono movimenti accessori non controllabili; ecco perché talvolta “discinesia” non è sempre appropriato quando si descrive un movimento scapolare abnorme (10).

In ogni caso con “discinesia scapolare” (*dis*-alterazione, *cinesia*-movimento) si intende comunemente un’alterazione del comune pattern del movimento scapolare (1-10-27).

Non è stato ancora sviluppato un metodo affidabile per valutare queste alterazioni: in primo luogo è impegnativo osservare con precisione i movimenti scapolari sotto i tessuti molli sovrastanti, in secondo luogo i metodi di misurazione devono tenere di conto dei movimenti 2D e 3D; la terza sfida è quella che stabilisce i criteri di valutazione clinica per definire la presenza di discinesia scapolare.

Comunemente il movimento scapolare viene valutato tramite l’osservazione dei movimenti bilaterali durante l’elevazione e l’abbassamento ripetuto di entrambi

gli arti (1); in questo caso si parla di discinesia quando vi è un movimento asimmetrico della scapola esaminata rispetto alla controlaterale (19, 23).

La classificazione attualmente più in uso si limita a suddividere la discinesia in 4 tipologie a seconda dell'asimmetria statica o dinamica (16, 35):

- Tipo I: L'angolo scapolare infero mediale è sporgente a causa della perdita di controllo scapolare rispetto all'asse orizzontale, parallelo alla spina scapolare;
- Tipo II: Prominenza di tutto il bordo mediale scapolare come risultato della perdita di controllo scapolare rispetto all'asse verticale parallelo alla spina scapolare;
- Tipo III: Prominenza del bordo superiore scapolare a causa di un movimento eccessivo verso l'alto della scapola ed una perdita di controllo intorno all'asse sagittale attraverso la scapola;
- Tipo IV: Movimento simmetrico scapolo-omerale senza prominenza o eccessivo movimento relativo ad una spalla non patologica.

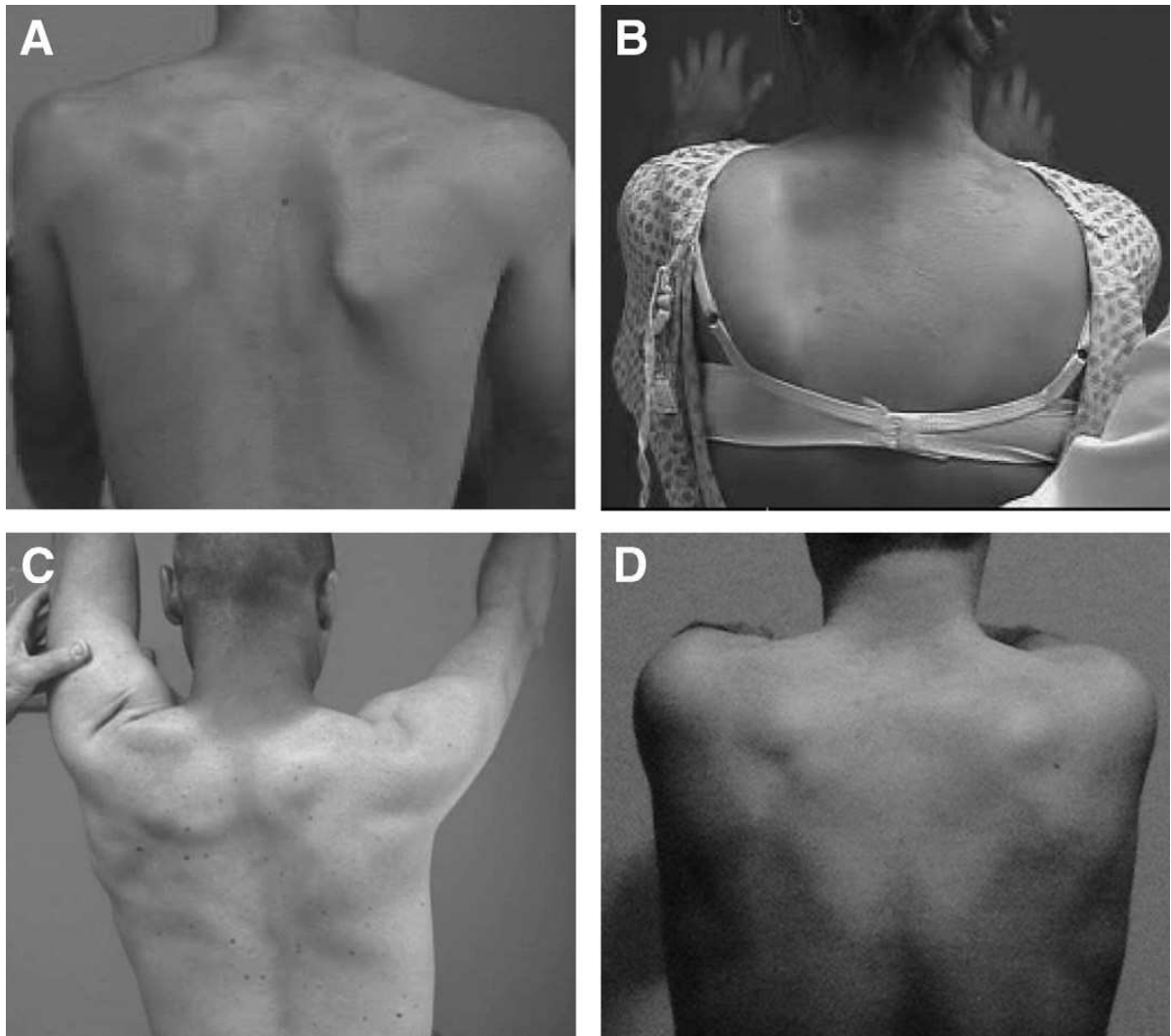


Fig.3: Tipo 1 (A): angolo infero mediale sporgente. Tipo 2 (B): bordo mediale sporgente. Tipo 3 (C): prominanza del bordo superiore scapolare. Tipo 4 (D): Movimento simmetrico scapolo-omerale senza prominanza o eccessivo movimento relativo ad una spalla non patologica (1).

Per ogni tipo di discinesia è associata un'alterazione della lunghezza/tensione muscolare dei muscoli scapolari, nel dettaglio:

Tipo 1: *muscoli accorciati/rigidi:* piccolo e grande pettorale, bicipite capo breve, scapolo omerali;

muscoli allungati/deboli: dentato anteriore, trapezio medio/inferiore.

Tipo 2: *muscoli accorciati/rigidi:* piccolo pettorale, deltoide, sovraspinato.

Muscoli allungati/deboli: gran dentato, trapezio.

Tipo 3: *muscoli accorciati/rigidi:* dentato anteriore, trapezio superiore, elevatore della scapola

muscoli allungati/deboli: gran dorsale. (27)

Molte delle patologie dovute ad alterazioni biomeccaniche o ad over-use che interessano la spalla possono essere ricondotte e associate ad alterazioni di funzione dei muscoli stabilizzatori scapolari.

I traumi diretti, i microtraumi e il dolore alla spalla agiscono come inibitori di questi muscoli generando un'alterazione del normale pattern di attivazione muscolare a livello della scapolo-toracica.

Nella cinematica fisiologica, infatti, durante il movimento di elevazione del braccio, il dentato anteriore e il trapezio inferiore e medio costituiscono un'importante coppia di forze che produce un movimento di upward rotation della scapola con conseguente rotazione superiore dell'acromion.

Se tutto ciò non avviene il soggetto può andare incontro allo sviluppo di diverse sindromi algiche della spalla (10, 19).

A questo proposito è interessante come A. M. Cools & G. A. Declercq abbiano confrontato l'attività del trapezio e dell'equilibrio intramuscolare tra atleti overhead con sintomi da impingement e atleti senza sintomi durante i movimenti di abduzione e rotazione esterna; hanno partecipato allo studio 39 atleti con sintomi cronici da impingement e 30 atleti sani; l'attività del trapezio superiore, medio ed inferiore è stata misurata tramite EMG di superficie durante l'abduzione e la rotazione esterna. I risultati hanno mostrato nel primo gruppo di atleti un significativo aumento dell'attività del trapezio superiore durante entrambi i movimenti, con una diminuita attività delle fibre inferiori del trapezio durante l'abduzione e delle fibre medie durante la rotazione esterna (19). Questo risultato conferma la presenza di squilibri muscolari in pazienti con sintomi da impingement, a sottolineare l'importanza di un buon ripristino dei muscoli scapolari nella riabilitazione delle patologie di spalla.

Peat & Gravame (25) hanno studiato tramite EMG il comportamento del trapezio, del serrato anteriore medio e inferiore e del deltoide in pazienti con e senza sintomi alla spalla; il trapezio superiore mostrava un aumento di attività durante l'elevazione e l'adduzione dell'arto (tra i 40° e 100° di elevazione), mentre il serrato anteriore mostrava una diminuzione di attività tra i 70° ed i 100° di elevazione dell'omero nei pazienti sintomatici rispetto ai non sintomatici. Ludwig & Cook (23) hanno reclutato 53 lavoratori edili con un lavoro di routine con gesti overhead, dei quali un gruppo con sintomi da impingement e l'altro sano.

Hanno valutato tramite EMG di superficie trapezio superiore, inferiore e dentato anteriore, durante l'elevazione dell'omero sul piano scapolare a 3 diverse condizioni di carico:

- 1- Nessun carico;
- 2- Kg 2, 3 di carico;
- 3- Kg 4,6 di carico.

Gli effetti del carico sono stati studiati in 3 diverse fasi di elevazione dell'omero: 31°-60°, 61°-90° e 91°-120°; il gruppo con impingement mostrava una ridotta upward rotation alla fine della prima delle 3 fasi di interesse, un aumentato tilt anteriore alla fine della terza fase ed una maggiore rotazione mediale della scapola in condizione di carico. Inoltre l'EMG del trapezio superiore ed inferiore mostrava un'aumentata attività muscolare nel gruppo con impingement rispetto al gruppo asintomatico alla fine della seconda fase, anche se l'aumento di contrazione del trapezio superiore era evidente soltanto durante la condizione di Kg 4,6 di carico. Il serrato anteriore ha mostrato una diminuzione di attività nel gruppo sintomatico con tutti i carichi ed in tutte le fasi.

Anche in questo studio si evidenzia l'importanza di un riequilibrio muscolare a favore del rinforzo del dentato anteriore a scapito delle fibre superiori ed inferiori del trapezio, soprattutto in presenza di sintomi da impingement in lavoratori/atleti overhead.

Reddy (36) ha invece analizzato l'attività EMG ad ago del deltoide e dei muscoli della cuffia dei rotatori in 15 soggetti con impingement subacromiale, durante il movimento di abduzione scapolare tra i 30° e 120° nel piano scapolare, mettendoli a confronto con soggetti sani. I cambiamenti cinematici che avvengono nell'impingement della spalla includono movimenti che portano ad avvicinare la grande tuberosità dell'omero all'arco acromion-clavicolare. In particolare, durante l'attivazione dell'omero ci troviamo davanti alle seguenti condizioni:

- Eccesso della traslazione anteriore o superiore della testa omerale sulla fossa glenoidea;
- Rotazione esterna inadeguata dell'omero;
- Decremento della rotazione scapolare superiore;
- Tipping posteriore della scapola sul torace.(36, 28)

Altre modificazioni cinematiche nel movimento scapolare sono spesso collegate con una riduzione dell'attività muscolare del gran dentato e un incremento dell'attività muscolare della parte superiore del trapezio; questi fattori determinano uno squilibrio di forza tra gli stabilizzatori superiori ed inferiori. Nello studio è stata dimostrata un'attività EMG minore del deltoide e della cuffia dei rotatori rispetto ai soggetti sani, in particolare durante la prima fase di elevazione. Secondo Reddy l'attivazione muscolare normale della spalla nei muscoli descritti è caratterizzata da un'azione sincrona. L'incremento graduale dell'attività EMG del deltoide può indicare che questo muscolo utilizza una forza progressiva per l'elevazione del braccio, mentre i livelli costantemente alti di attività del sovraspinoso preservavano la stabilità gleno omerale durante tutto l'arco di movimento. (36, 28).

Nei soggetti sani il deltoide genera effettivamente il torque maggiore in abduzione rispetto agli altri muscoli (4):

- Deltoide medio: N 434;
- Deltoide anteriore: N 323;
- Sottoscapolare: N 283;
- Infraspinato: N 205;
- Sovraspinoso: N 117.

3.4 RIABILITAZIONE DEL TIMING SCAPOLARE

Come è stato evidenziato, durante la massima elevazione omerale la scapola normalmente compie un movimento di up-ward rotation di 45°-55°, di tilt posteriore di 20°-40° e di rotazione esterna di 15°-35°. I muscoli scapolari contribuiscono a svolgere questo movimento, in particolare il serrato anteriore nel movimento di up-ward rotation, posterior tilt e rotazione esterna; il serrato anteriore aiuta a stabilizzare il bordo mediale e l'angolo inferiore della scapola, opponendosi alla rotazione interna (scapola alata) ed al tilt anteriore. Se i movimenti scapolari fisiologici sono modificati da una debolezza, da un danno o da un alterato pattern di contrazione muscolare, il complesso spalla è meno efficiente ed aumentano i rischi di infortunio. (4, 19, 25, 28, 36).

È quindi fondamentale una corretta rieducazione muscolare nell'ambito della riabilitazione della spalla. In particolare nell'ambito della discinesia di scapola è basilare un riequilibrio tra trapezi e dentato anteriore(4, 19, 31).

Kibler (31) ha valutato l'attivazione di questi muscoli in training specifici per capire se determinati esercizi attivassero in modo clinicamente significativo i muscoli scapolari. Sono stati arruolati 39 soggetti, 18 sintomatici e 21 asintomatici ed è stata valutata l'attivazione muscolare di serrato anteriore, trapezio superiore e inferiore, deltoide anteriore e posteriore durante 4 esercizi specifici:

- *Low Row*: ovvero adduzione delle scapole;
- *Inferior Glide*: scivolamento infero-mediale della scapola a braccio abdotto, per isolare il movimento scapolare;
- *Lawnmower*: movimento dinamico effettuato in posizione eretta in cui si effettua un'estensione di spalla a gomito flessa a 90°.
- *Robbery*: simulazione del sollevamento di un bilanciere al petto con entrambe le braccia in posizione eretta (adduzione e scivolamento infero-mediale di scapola).

Il serrato anteriore ed il trapezio inferiore si attivano tra il 15-30% in tutti gli esercizi. L'attivazione del trapezio superiore si è mostrata elevata (21-36%) negli esercizi dinamici (lawnmower e robbery); il serrato anteriore si attiva per primo nel low row ed per ultimo nel lawnmower e nel robbery, mentre al contrario il trapezio superiore ed inferiore si attivano subito nel lawnmower e nel robbery. Dallo studio emerge come questi esercizi siano specifici per attivare i muscoli chiave scapolari e che quindi possano essere utilizzati come un programma di riabilitazione globale per il recupero funzionale della spalla; inferior glide e low row possono essere eseguiti all'inizio del processo riabilitativo a causa del movimento limitato che richiedono, mentre lawnmower e robbery, che richiedono movimenti di ampiezza maggiore, possono essere inclusi in un secondo tempo.

De May K. ha analizzato a sua volta l'attivazione del trapezio superiore, medio ed inferiore rispetto a quella del deltoide posteriore durante 4 esercizi eseguiti da 30 soggetti sani (16 uomini, 14 donne) dal lato dominante (32). Gli esercizi sono i seguenti:

- Estensione dell'arto da prono;

- Flessione in avanti in side lying;
- Rotazione esterna in side lying;
- Abduzione orizzontale con rotazione esterna da prono.

L'attivazione muscolare è stata misurata tramite EMG di superficie. Dallo studio sono state ricavate differenze di attivazione sia intermuscolari che intramuscolari tra le varie porzioni del trapezio: durante l'esercizio di estensione da prono il trapezio superiore (UT) si attivava significativamente in ritardo rispetto al deltoide posteriore (PD) ($P < .01$), ed il trapezio medio (MT) si attivava significativamente prima rispetto al PD ($P < .01$).

Durante l'abduzione orizzontale con rotazione esterna il MT ($P < .01$) ed il trapezio inferiore LD ($P = .01$) si attivavano significativamente prima del PD. Durante l'estensione da prono, la rotazione esterna in side lying e l'abduzione orizzontale con rotazione esterna da prono sono state trovate differenze significative tra UT e MT, tra UT e LT, ma non tra MT e LT: durante la flessione in side lying non si sono mostrate discrepanze di timing tra le diverse porzioni del trapezio. In conclusione *l'estensione da prono e l'abduzione orizzontale da prono con rotazione esterna* producono un'attivazione precoce del MT e del LT, sono quindi esercizi potenzialmente promettenti per il trattamento dei disordini del timing di attivazione del trapezio (32).

Simili le conclusioni tratte da Cools nel suo studio (7); si parte dal postulato che nei casi di squilibrio inter/intramuscolare scapolo toracico sia raccomandabile eseguire un rinforzo del LT, MT e SA (serrato anteriore) minimizzando l'attività del UT; è stata studiata l'attività elettromiografica, tramite EMG di superficie, di trapezio e SA in 45 soggetti sani durante 12 esercizi comunemente eseguiti nei casi di discinesia. Gli esercizi che attivavano maggiormente trapezio inferiore e medio e SA a scapito del UT sono risultati: *rotazione esterna in side lying, flessione in avanti in side lying, abduzione orizzontale con rotazione esterna e estensione da prono*.

Interessante lo studio di Ekstrom (29) che ha analizzato tramite EMG di superficie i comuni test di forza utilizzati per produrre la massima contrazione isometrica volontaria (MVIC) dei trapezi e del serrato anteriore per capire se effettivamente durante questi test si riuscisse ad ottenere la MVIC. Hanno partecipato allo studio 30 soggetti sani e sono stati effettuati 3 test di posizione

per i trapezi, 2 per il serrato anteriore, mostrati all'interno del Kendall, oltre ad altri 4 test alternativi proposti dagli autori.

Per quanti riguarda il serrato anteriore il test comunemente effettuato in posizione supina ed arto flesso in avanti ha risultato produrre solo il 57% della MVIC del muscolo (fig 4), mentre la massima attività EMG era prodotta con il test di resistenza data in up-ward rotation di scapola a spalla flessa, 91%MVIC (fig. 5) o con spalla abdotta sul piano scapolare, 89%MVIC (fig. 6).

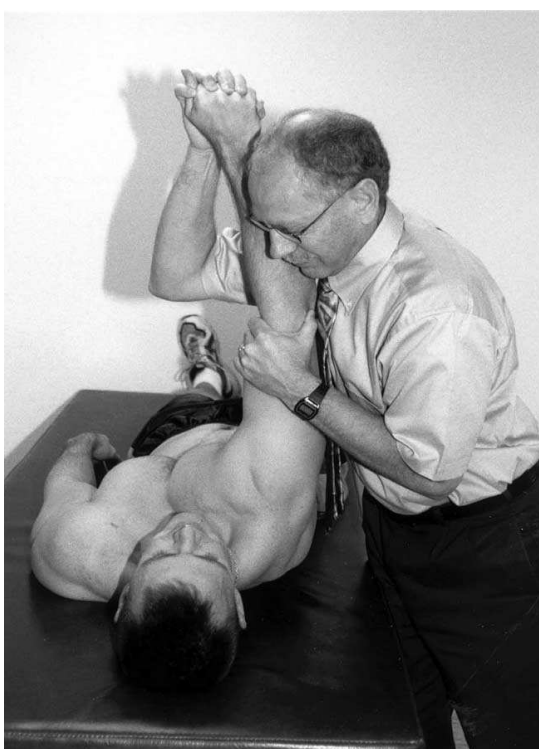


Fig.4 Test serrato anteriore con arto flesso avanti, produce solo il 57% del MVIC .

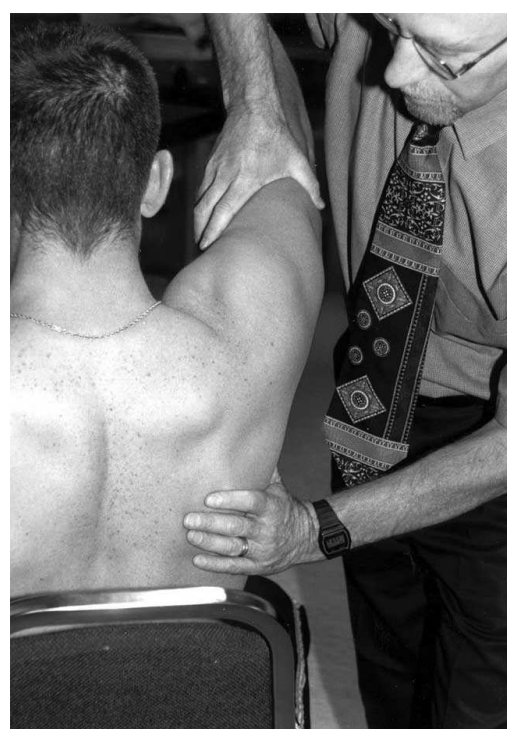


Fig.5 Test alternativo del serrato anteriore:up-ward rotation di scapola e spalla flessa; produce il 91 % MVIC.



Fig. 6 Secondo test alternativo per il serrato anteriore: pz in posizione seduta, spalla abdotta sul piano scapolare; produce 89% MVIC.

Per il trapezio superiore questo studio mostra come la posizione di maggior attività EMG sia a spalla abdotta a 90°, testa in flessione omolaterale e rotazione controlaterale, 92% MVIC (FIG 7).

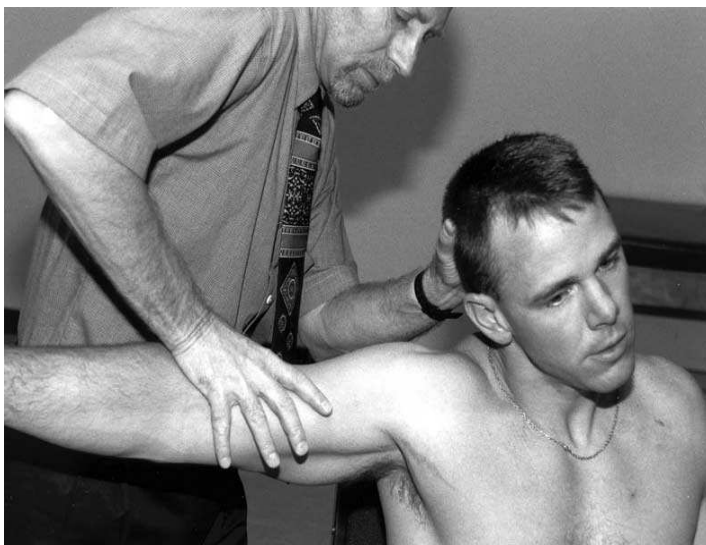


Fig. 7 Test per il trapezio superiore, pz seduto con spalla abdotta a 90°, testa in flessione a 90° e rotazione controlaterale, produce il 92% MVIC.

Per il trapezio medio le 2 posizioni di maggior attività sono risultate: prono in abduzione orizzontale e rotazione esterna, 91% MVIC (fig. 8) o prono con l'arto elevato sopra la testa 87% MVIC , posizione valida anche per trapezio inferiore. (fig.9)

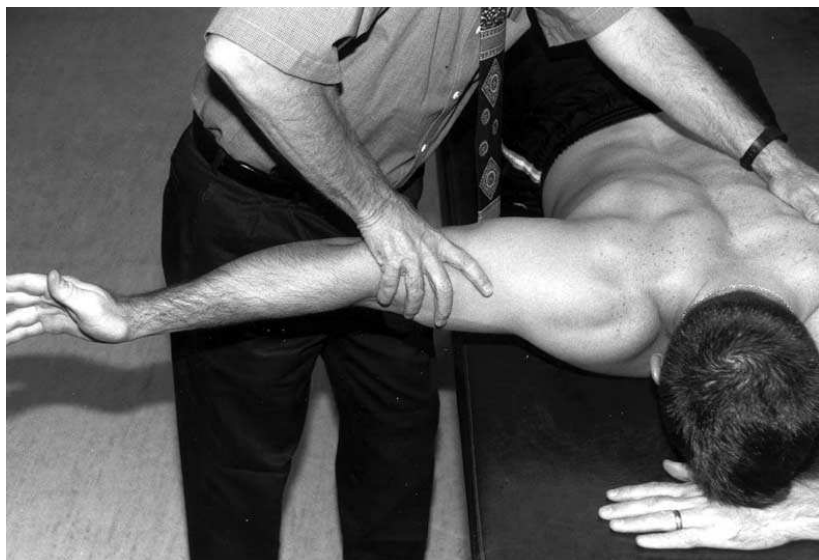


Fig. 8 Test per il trapezio medio: pz prono con arto in abduzione orizzontale e ruotato esternamente; produce il 91% MVIC.

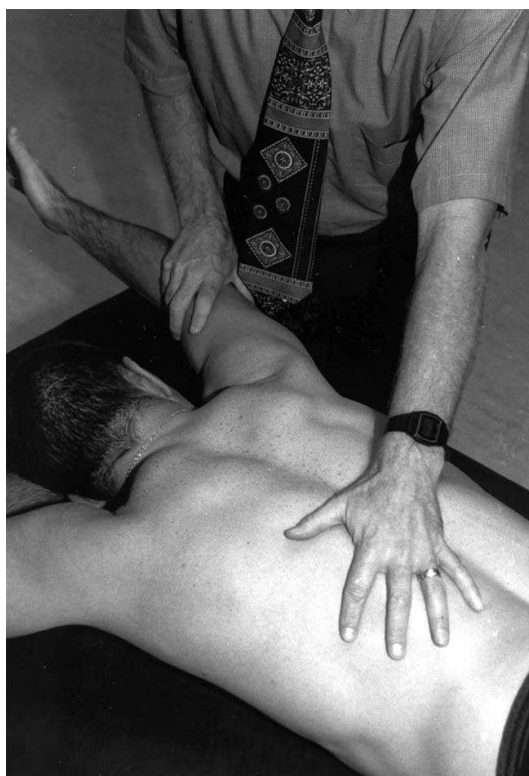


Fig. 9 Test per il trapezio fibre medie/inferiori: pz prono, arto elevato sopra il capo, allineato con le fibre del muscolo, produce una forza pari al 87% MVIC.

Uno studio di G. Leiman (6) ha valutato se l'attività EMG della muscolatura scapolo toracica variesse in relazione all'esecuzione del push-up eseguito su superficie instabile (Swiss Ball) o stabile (panca).

Per fare hanno partecipato allo studio 10 soggetti sani; l'attività muscolare di trapezio superiore, inferiore, serrato anteriore e bicipite brachiale è stata analizzata tramite EMG di superficie. Ad ogni soggetto erano richiesta l'esecuzione di 6 performance diverse:

1. Push up con i piedi sulla pance e le mani a terra;
2. Push up con i piedi sulla swiss ball e le mani a terra;
3. Push up con i piedi a terra e le mani sulla panca;
4. Push up con i piedi a terra e le mani sulla swiss ball.

Non sono state rilevate modificazioni significative nell'attivazione muscolare utilizzando la superficie instabile rispetto alla panca ($p < 0,05$), mentre sono apparse differenze rilevanti nell'attivazione del serrato anteriore e del trapezio in relazione alla posizione dei piedi (maggiore con i piedi elevati su swiss ball o panca); per il trapezio inferiore non è apparsa nessuna variazione significativa in nessuna delle 4 performance; lo studio sembra sottolineare come l'elevazione dei piedi sulle mani sembra essere più efficace nell'attivare la muscolatura scapolo toracica rispetto all'utilizzo di una superficie instabile.

4. CONCLUSIONI

Il ruolo della scapola è senza dubbio riconosciuto all'interno della corretta efficienza dell'arto superiore (10). Uno squilibrio del pattern di movimento può inficiare la funzionalità della spalla; dagli articoli selezionati è emerso come spesso alla base di una scapola discinetica vi siano pattern di attivazione muscolari "standard" ai quali corrisponderà un riequilibrio muscolare ben preciso.

In particolare è stato visto come vi sia un aumento di attività del trapezio superiore nei movimenti di abduzione, elevazione (specialmente ad alto carico), rotazione esterna (19, 23, 25) e una diminuita attività delle fibre medie ed inferiori del trapezio e del serrato anteriore:

<i>COOLS & DECLERCQ</i> (19)	• ++ Trapezio superiore in abduzione e rotazione esterna; • -- Trapezio medio in abduzione; • -- Trapezio inferiore in rotazione esterna.
<i>PEAT & GRAVAME</i> (25)	• ++ Trapezio superiore tra 40°-100° elevazione e in adduzione; • -- Serrato anteriore tra i 70°-100° elevazione.
<i>LUDEWIG & COOK</i> (23)	• ++ Trapezio superiore in elevazione specialmente in carico; • -- Serrato anteriore in ogni situazione.

Tab 2. Muscoli scapolari che mostrano un diverso timing di attivazione in presenza di discinesia scapolare.

Dagli studi analizzati emerge come nel programma riabilitativo per il recupero funzionale della spalla discinetica sia raccomandabile l'esecuzione di esercizi che prevedano un rinforzo del trapezio medio/inferiore e del serrato anteriore a scapito delle fibre superiori del trapezio. In particolare alcuni esercizi si sono mostrati più idonei a questo scopo tra cui: l'estensione da prono, l'abduzione

orizzontale da prono con rotazione esterna , la rotazione esterna e la flessione in side lying (7, 31, 32).

<i>DE MAY K.</i> (32)	• Estensione da prono; • Abduzione orizzontale da prono in rotazione esterna;	++ Trapezio medio; ++ Trapezio inferiore
<i>COOLS</i> (7)	• Rotazione esterna in side lying; • Flessione in avanti in side lying; • Abduzione orizzontale e rotazione esterna da prono; • Estensione da prono.	++ Trapezio medio; ++ Trapezio inferiore; ++ Serrato anteriore.
<i>KIBLER</i> (31)	• Low Row (adduzione scapole)	Attivazione precoce del serrato anteriore

Tab. 3: Esercizi consigliati per ottenere una maggior attivazione dei muscoli scapolari, con particolare interesse per il trapezio medio, inferiore ed il serrato anteriore.

BIBLIOGRAFIA

1. *Evaluation of clinical assessment methods for scapular dyskinesis.*
Uhl TL, Kibler WB, Gecewich B, Tripp BL. *Arthroscopy*. 2009 Nov;25(11):1240-8.
2. *A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 2: validity.*
Tate AR, McClure P, Kareha S, Irwin D, Barbe MF; *J Athl Train*. 2009 Mar-Apr;44(2):165-73.
3. *A clinical method for identifying scapular dyskinesis, part 1: reliability.*
McClure P, Tate AR, Kareha S, Irwin D, Zlupko E; *J Athl Train*. 2009 Mar-Apr;44(2):160-4.
4. *Shoulder muscle activity and function in common shoulder rehabilitation exercises.*
Escamilla RF, Yamashiro K, Paulos L, Andrews JR; *Sports Med*. 2009;39(8):663-85;
5. *Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation.* Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, Tambay N, Cunningham T; *Am J Sports Med*. 2008 Sep;36(9):1789-98. Epub 2008 May 9;
6. *An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push up and push up plus exercises.* Lehman GJ, Gilas D, Patel U; *Man Ther*. 2008 Dec;13(6):500-6. Epub 2007 Jul 20;
7. *Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe?.* Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, Notebaert D, Roets A, Soetens B, Cagnie B, Witvrouw EE; *Am J Sports Med*. 2007 Oct;35(10):1744-51. Epub 2007 Jul;
8. *Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation.* Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR; *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005 Aug;20(7):700-
9. *Comparing the function of the upper and lower parts of the serratus anterior muscle using surface electromyography.* Ekstrom RA, Bifulco KM, Lopau CJ, Andersen CF, Gough JR; *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004 May;34(5):235-43;
10. *Current concepts: scapular dyskinesis.* Kibler WB, Sciascia A; *Br J Sports Med*. 2010 Apr;44(5):300-5. Epub 2009 Dec 8;
11. *Current concepts for shoulder training in the overhead athlete.* Kennedy DJ, Visco CJ, Press J; *Curr Sports Med Rep*. 2009 May-Jun;8(3):154-60;

12. *Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task*; Ebaugh DD, Spinelli BA; J Electromyogr Kinesiol. 2010 Apr;20(2):199-205. Epub 2009 Apr 29;
13. *Scapular involvement in impingement: signs and symptoms*; Kibler WB. Instr Course Lect. 2006;55:35-43 ;
14. *The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation*; Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB; Arthroscopy. 2003 Jul-Aug;19(6):641-61;
15. *Detecting and treating shoulder impingement syndrome: the role of scapulothoracic dyskinesis*. Depalma MJ, Johnson EW; Phys Sportsmed. 2003 Jul;31(7):25-32;
16. *Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain*; Kibler WB, McMullen J; J Am Acad Orthop Surg. 2003 Mar-Apr;11(2):142-51;
17. *Internal impingement in the tennis player: rehabilitation guidelines*; Cools AM, Declercq G, Cagnie B, Cambier D, Witvrouw E; Br J Sports Med. 2008 Mar;42(3):165-71. Epub 2007 Dec 10;
18. *The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts within the serratus anterior muscle: a novel approach for rehabilitation of scapular muscle imbalance*. Holtermann A, Mork PJ, Andersen LL, Olsen HB, Søgaard K; J Electromyogr Kinesiol. 2010 Apr;20(2):359-65. Epub 2009 Apr 1;
19. *Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms*. Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, Mahieu NN, Witvrouw EE; Scand J Med Sci Sports. 2007 Feb;17(1):25-33. Epub 2006 Jun 15;
20. *Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises*. Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ; Am J Sports Med. 2004 Mar;32(2):484-93;
21. *The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies*. Ludewig PM, Reynolds JF; J Orthop Sports Phys Ther. 2009 Feb;39(2):90-104;
22. *Shoulder rehabilitation strategies, guidelines, and practice*; Kibler WB, McMullen J, Uhl T; Orthop Clin North Am. 2001 Jul;32(3):527-38;
23. *Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement*. Ludewig PM, Cook TM; Phys Ther. 2000 Mar;80(3):276-91;

24. *The role of the scapula in athletic shoulder function.* Kibler WB; Am J Sports Med. 1998 Mar-Apr;26(2):325-37;
25. *Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement;* Phadke V, Camargo P, Ludewig P. Rev Bras Fisioter. 2009 Feb 1;13(1):1-9;
26. *Fisiologia articolare;* I.A. Kapandji; Monduzzi Editore, 2004, vol.1; pag. 46-48;
27. *Valutazione funzionale e trattamento delle sindromi da disfunzione del movimento* Sharman Shirley A, UTET, 2005, pag. 5, 197-201, 203-210, 225-231;
28. *La spalla nello sportivo.* A. Fusco, A. Foglia, F. Musarra, M. Testa; Masson 2005; pag. 382-5;
29. *Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis.* Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. J Electromyogr Kinesiol. 2005 Aug;15(4):418-28. Epub 2004 Dec 25;
30. *Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles.* Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. J Orthop Sports Phys Ther. 2003 May;33(5):247-58;
31. *Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation.* Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, Tambay N, Cunningham T. Am J Sports Med. 2008 Sep;36(9):1789-98. Epub 2008 May 9;
32. *Trapezius muscle timing during selected shoulder rehabilitation exercises.* De Mey K, Cagnie B, Danneels LA, Cools AM, Van de Velde A.; J Orthop Sports Phys Ther. 2009 Oct;39(10):743-52;
33. *Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program.* McClure PW, Bialker J, Neff N, Williams G, Karduna A; Phys Ther. 2004 Sep;84(9):832-48.