



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

INFLUENZA DELLE CONDIZIONI PATOLOGICHE
SUI PATTERN DI ATTIVAZIONE MUSCOLARE
DELLA SPALLA

Relatore:

Prof. Arceri Diego

Candidato:

Forlini Luigi

ANNO ACCADEMICO 2007/2008

SOMMARIO

ABSTRACT	4
CAP I – INTRODUZIONE	5
PROBLEMA DI FONDO	5
1.2 RAZIONALE ALLA BASE DEL LAVORO	5
1.3 MOTIVO DELLA REVISIONE	6
CAP II - METODI.....	8
2.1 IL COMPORTAMENTO INFORMATO: la metodologia EBM	8
2.1.1 La scelta nell’agire per prove di efficacia	8
2.1.2 La scelta nell’agire in riabilitazione	10
2.1.3 L’agire tra i professionisti sanitari.....	12
2.2 DEFINIZIONE DEL PROTOCOLLO DI RICERCA	13
OBIETTIVI	13
METODI DI SELEZIONE.....	13
Quesito di ricerca:.....	13
Criteri di inclusione:	14
Strategia di ricerca per l’identificazione degli studi:.....	14
CAP III - RISULTATI	17
3.1 ESTRAPOLAZIONE DEI DATI.....	17
3.2 ADERENZA AI CRITERI DI INCLUSIONE: EVIDENZE DERIVATE DALLA LETTERATURA	19
3.2.1 Introduzione: biomeccanica ed elettromiografia di base	19
3.2.2 Cinematiche scapolari durante l’elevazione del braccio	32
3.2.3 Alterazioni cinematiche scapolari nell’impingement della spalla o nelle patologie della cuffia dei rotatori.	37
3.2.4 Stabilità e instabilità dell’articolazione gleno omerale: il ruolo dei muscoli della spalla.....	54
3.2.5 Effetti teorizzanti delle alterazioni cinematiche scapolari.....	58
3.2.6 Alterazioni cinematiche scapolari associate all’instabilità dell’articolazione gleno- omerale.	60
3.2.7 Alterazioni cinematiche scapolari associate a capsulite adesiva o rigidità della spalla.....	80

3.2.8 Potenziali biomeccanici che contribuiscono alle alterazioni della cinematica scapolare	81
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	86
BIBLIOGRAFIA	94

ABSTRACT

OBIETTIVI: Descrivere quali sono i normali pattern di attivazione muscolare della spalla in soggetti sani e confrontare i risultati con le alterazioni determinate da condizioni patologiche (trauma, lesione, overuse)

RISORSE DATI: revisione qualitativa di letteratura primaria e secondaria compresa in MEDLINE Medical Literature Analysis and Retrieval System Online della National Library of Medicine,

METODI DI REVISIONE: recupero degli studi attraverso il metodo PICO; studi osservazionali (sia retrospettivi che prospettici) e revisioni di letteratura

RISULTATI: Traduzione di 14 full text e 10 abstract e successiva analisi ed integrazione reciproca dei contenuti per quanto riguarda: analisi elettromiografiche, esami di forza, analisi strutture passive.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI: Dalla letteratura emerge anche in maniera chiara che è pressoché impossibile individuare fattori eziologici responsabili delle disfunzioni del cingolo scapolare, ma è altrettanto chiaro che vi sono dei fattori di rischio funzionali e strutturali che vanno presi in considerazione durante l'esame clinico dell'articolazione gleno-omeroale. Dagli studi elettromiografici su spalle sane è inoltre emerso che l'attività muscolare è molto importante soprattutto nel range di mezzo, mentre nelle posizioni estreme del movimento è molto più importante il ruolo degli stabilizzatori passivi.

È stato inoltre verificato che un alterazione dei muscoli del cingolo scapolare può portare ad innescare alterazioni cinematiche che possono portare a patologie gleno-omeroale.

il risultato finale di questo lavoro ci porta però a concludere che vi sono nelle patologie scapolo-omeroali difficili patterns di movimento da schematizzare poiché l'origine di questi problemi è multifattoriale e può quindi generare diversi compensi neuro-muscolari, anche perché ancora oggi non si conosce quali siano gli impatti di età, sesso, esposizione di lavoro sopra la testa sul movimento toracico.

CAP I – INTRODUZIONE

PROBLEMA DI FONDO

L'analisi dei diversi impairment muscolari è l'aspetto cardine della riabilitazione della spalla dolorosa, poiché, come diversa letteratura scientifica ha dimostrato, il corretto controllo motorio è necessario per garantire uno svolgimento corretto del movimento. Diversi autori infatti hanno indicato il controllo motorio come fattore eziologico di grande importanza nelle disfunzioni muscolo-scheletriche (Comerford 2001, Hodge2003, Lee 2000, Richardson 1999, Sahrmann 2002, Vleeming 1997).

1.2 RAZIONALE ALLA BASE DEL LAVORO

Panjabi ha proposto un modello concettuale che descrive i diversi sistemi responsabili della stabilità articolare. Questo modello, che era stato proposto inizialmente solo per il rachide, è invece valido per tutto il sistema muscolo-scheletrico. Infatti la stabilità articolare è definita come il risultato di una sufficiente interazione tra le strutture inerti intese come sistema passivo (con tutte le sue variabili anatomiche), l'attività del sistema miofasciale intesa come sistema attivo, e il sistema di controllo neurologico. Il contatto delle superfici articolari deve avvenire, secondo Panjabi, all'interno della cosiddetta zona neutra, che indica il livello di centralità e stabilità di un articolazione. Un articolazione il cui punto di contatto di questi capi articolari fuoriesce dalla zona neutra viene definita instabile. I tre sistemi citati prima devono controllare le traslazioni articolari che avvengono a livello della cavità glenoidea durante i movimenti del braccio.

Per quanto riguarda la spalla il sistema muscolare ha un ruolo fondamentale nell'eziopatogenesi del complesso della spalla. La necessità di possedere una mobilità ampia impone una stabilizzazione basata soprattutto sul sistema attivo e, in misura minore, sulle strutture inerti. È bene precisare che il sistema muscolare ha un ruolo importante nel raggio di movimento medio, mentre il sistema legamentoso occupa il primo posto alla fine del movimento. Il mantenimento della centralità tra i due capi articolari è il fattore determinante per minimizzare i rischi da stress durante i movimenti del braccio. La muscolatura non deve solo produrre movimento, ma garantire allo stesso tempo il mantenimento della centralità. Questa funzione non cade esclusivamente sui muscoli scapolo-omerale, ma coinvolge anche i muscoli scapolari, i muscoli del tronco e i muscoli del bacino.

Condividendo l'importanza di una buona forza muscolare dei diversi muscoli interessati, facendo questa parte dei tre pilastri che garantiscono una stabilità efficiente, dobbiamo essere consci che è l'interazione di questa componente con quella neurologica che ne definisce l'efficacia.

Bisogna inoltre considerare il dolore e la sua influenza sul controllo motorio dell'articolazione; è bene sottolineare che il dolore non è un sinonimo di danno tissutale, ma può anche essere un campanello d'allarme per un potenziale danno vissuto dal paziente. A tal proposito è bene sottolineare che l'esercizio terapeutico non deve mai produrre dolore, perché questo potrebbe arrecare ulteriore danno al tessuto già lesionato o influenzare in modo negativo il processo di adattamento che sta alla base del miglioramento della caricabilità. Si ipotizza che il dolore, attraverso diversi canali, come lo schema corporeo interno, i centri corticali, la pianificazione motoria, l'input propriocettivo e i fattori emotivi (come, lo stress e l'attenzione e la paura) modifichi il controllo motorio.

Ciò significa che il deficit propriocettivo e la discinesia della scapola, indicati da molti autori come fattori eziologici importanti nella spalla dolorosa, potrebbero anche essere fattori secondari di un impingement sottoacromiale.

Il dolore influisce in modo negativo sul processo d'adattamento, e questo può indurre squilibri muscolari e alterare il controllo motorio durante la attività ripetute durante la giornata o durante i gesti sportivi: si può manifestare come un ritmo omero-scapolare alterato o una postura con una posizione scapolare e/o omero-scapolare deviata. È bene quindi, come già affermato in precedenza, che il paziente non senta dolore durante l'esercizio, ma neanche dopo un ora o il giorno dopo, poiché ciò indica che probabilmente il carico è stato eccessivo. Si può tranquillamente affermare che il dolore può essere indice della caricabilità del paziente; inoltre una progressione funzionale deve rispettare il normale processo di guarigione, che in letteratura è solitamente suddiviso in fase infiammatoria, fase di proliferazione e fase di maturazione.

1.3 MOTIVO DELLA REVISIONE

Scopo del presente lavoro è ricercare in letteratura se esistono evidenze che individuano pattern di movimento specifici conseguenti alle patologie di spalla, ovvero, secondo un modello patokinesiologico, quali siano le disfunzioni del movimento (dovute ad alterazioni di forza, lunghezza, e reclutamento motorio) che si ritrovano nelle patologie della spalla.

In seconda istanza si cercherà di capire se la stessa patologia conduce sempre alla stessa disfunzione motoria, cercando di capire come si altera, dove, e possibilmente, perché si altera il controllo motorio, al fine di ipotizzare un trattamento riabilitativo selettivo correlato alla modificazione dei pattern muscolari specifici del quadro patologico.

CAP II - METODI

2.1 IL COMPORTAMENTO INFORMATO: la metodologia EBM

In un contesto di accresciuta rilevanza dell'impiego delle risorse economiche e di aumentata importanza delle responsabilità professionali diventa estremamente urgente per tutti professionisti sanitari imparare ad accedere alle informazioni scientifiche in modo efficace ed efficiente, così da poter disporre in tempo reale delle migliori conoscenze rese disponibili dalla letteratura scientifica, per garantire la migliore cura possibile agli assistiti, per tutelarsi professionalmente e per utilizzare le risorse in modo razionale impiegandole per prestazioni dimostrate efficaci.

Per fare questo occorre disporre di competenze specifiche, necessarie per utilizzare gli strumenti informativi, quali per esempio le banche dati biomediche, in modo finalizzato ai propri bisogni conoscitivi. Ciò non è semplice a causa della moltitudine di letteratura disponibile. Ogni anno si stima la produzione di circa 30.000 pubblicazioni biomediche e milioni di citazioni elencate nei database sanitari: si tratta di una mole di letteratura che difficilmente sarebbe possibile leggere nel corso di un'intera carriera lavorativa. Inoltre, tra questa moltitudine di documenti non tutti sono qualitativamente utili per poter supportare i processi decisionali dei clinici. Infatti, la qualità delle ricerche pubblicate è molto variabile a causa dell'uso di metodi di ricerca inappropriati, di standard di analisi statistica scadenti o di campioni di dimensioni inadeguate, che rendono i risultati delle ricerche inconcludenti o contraddittori. Tutto ciò rende difficile per i professionisti sanitari fruire delle conoscenze messe a disposizione dalla letteratura scientifica.

2.1.1 La scelta nell'agire per prove di efficacia

La pratica basata sulle evidenze ha lo scopo di fornire ai clinici ed ai pazienti un mezzo per scegliere l'assistenza più efficace, basata sulle migliori evidenze disponibili della ricerca.

Per il paziente questa è un'aspettativa naturale. Per il clinico questo è quasi un sogno impossibile. Il rapporto americano Bridging the quality chasm¹ (colmare l'abisso della qualità) ha documentato e puntato l'attenzione sulla distanza tra quello che sappiamo e quello che facciamo. Il report identifica 3 tipologie di problemi qualitativi: sovrautilizzo, sottoutilizzo e malutilizzo. Sebbene l'attenzione si sia focalizzata sul malutilizzo (o errore),

una quota maggiore del peso prevedibile è probabilmente dovuta alle differenze evidence-based di sottoutilizzo e sovrautilizzo.

La ricerca che dovrebbe cambiare la pratica è spesso ignorata per anni. Antman e coll.² documentano il sostanziale ritardo tra i risultati delle sperimentazioni cardiovascolari e le raccomandazioni dei libri di testo.

Tuttavia anche quando la pratica migliore è ben conosciuta, spesso è implementata in modo insufficiente: ciò ha condotto all'attuale interesse per la trasmissione delle conoscenze.

Il movimento EBM non si è limitato a denunce o definizioni, ma già da anni si è trasformato da movimento culturale in un metodo formalizzato che deve prendere sempre più posto, di diritto, nella pratica quotidiana. Gli elementi che caratterizzano la EBM sono essenzialmente 3:

- 1) in primo luogo avvertire il bisogno d'informazioni per risolvere un problema incontrato nella pratica clinica, ovvero porsi dei dubbi e farsi delle domande su ciò che si è soliti fare;
- 2) in secondo luogo cercare e trovare in tempi ragionevoli ed in modo efficiente le informazioni scientifiche necessarie a rispondere a queste domande;
- 3) in terzo luogo valutare la validità e l'applicabilità clinica dei dati scientifici reperiti, prima di integrarli nelle proprie decisioni cliniche.

Ovviamente l'EBN non è una ricetta magica e va usata con raziocinio; in molte definizioni di EBN infatti si trova espressamente rimarcato il concetto dell'applicazione ragionata e coscienziosa delle evidenze scientifiche.

Questo concetto ha ispirato il modello dei 5 step della pratica evidence-based:

- 1) convertire il bisogno di informazioni in quesiti clinici ben definiti;
- 2) ricercare con la massima efficacia le evidenze disponibili;
- 3) valutare criticamente le evidenze rispetto alla validità, all'impatto e all'applicabilità;
- 4) integrare i risultati con le circostanze e i valori biologici unici del paziente;
- 5) rivalutare continuamente la propria performance professionale.

Nell'insegnare la pratica evidence-based, l'integrazione dei 5 passaggi all'interno del contesto clinico, per rispondere ai problemi reali dei pazienti, è cruciale per modificare attitudini e comportamenti.

Il quesito di ricerca va formulato attraverso parole chiave e/o descrittori significativi, ma un singolo descrittore o una singola parola chiave non rispondono da soli alla ricerca che è una ricerca complessa.

Una buona ricerca bibliografica deve andare sempre a cercare nelle banche dati di letteratura primaria e secondaria. Essa dovrebbe essere "sensibile", ossia riuscire a trovare tutti gli articoli disponibili su un determinato argomento, e "specificata", ossia trovare solo gli articoli pertinenti tralasciando gli altri. Per fare questa ricerca delle evidenze è indispensabile identificare le giuste parole chiave riguardo al dubbio o all'argomento prescelto e la giusta sintassi per la stringa di ricerca.

Una volta trovati studi attinenti al quesito, è fondamentale saper valutare la validità degli studi trovati. A questo proposito è importante anche imparare a conoscere le differenze tra i diversi disegni di studio e ad utilizzare le griglie per la valutazione critica degli studi, ed inoltre conoscere le principali classificazioni del livello di prova scientifica che scaturisce da un articolo scientifico su di un determinato argomento, nonché le classificazioni di forza delle raccomandazioni contenute in una linea guida.

2.1.2 La scelta nell'agire in riabilitazione

La scelta del trattamento costituisce uno dei momenti più delicati della pratica clinica. Si può scegliere basandosi sulle informazioni apprese nelle scuole, rifacendosi al trattamento di casi precedenti con condizioni simili, o semplicemente utilizzando tecniche per le quali si ha una particolare attitudine o abilità tecnica. Ma si sceglie mai il trattamento in base al fatto che sia stata dimostrata la sua efficacia?

In Medicina Riabilitativa esperienze applicative della EBM sono ancora sporadiche, anche se il problema è sentito come estremamente attuale e viene affrontato avendo ben presenti le peculiarità della nostra disciplina.

I fattori limitanti all'approccio "evidence-based" in Riabilitazione nel nostro Paese sono molteplici:

- I limiti dell'insegnamento universitario. È impressione comune che risentano della mentalità accademica universitaria, che purtroppo è spesso basata sull'autorità piuttosto che sulla autorevolezza. Gli allievi raramente vengono educati al senso critico, più spesso ottengono migliori risultati curriculari attraverso una adesione passiva al punto di vista del docente. È raro che gli allievi seguano corsi specifici con l'obiettivo di apprendere i metodi della ricerca bibliografica e della valutazione critica della letteratura. La lingua inglese è recentemente entrata come materia di insegnamento delle scuole di specializzazione, ma se le conoscenze non vengono applicate quotidianamente nella lettura di articoli si perdono rapidamente.

L'insegnamento di statistica medica, indispensabile per l'approccio ai risultati di una ricerca, viene condotto spesso in modo accademico e non applicativo. È vero però che la situazione è in rapido cambiamento.

- La "forma mentis" del riabilitatore. In Medicina Riabilitativa si tende ancora a considerare la propria esperienza come elemento sufficiente nella presa di decisione terapeutica. Gli studi clinici sono poco conosciuti e spesso guardati con diffidenza; viene sopravvalutato il valore della tradizione ("ho sempre fatto così...") e delle osservazioni non sistematiche ("...e i miei pazienti sono sempre andati bene.").
- Un elemento comune a tutti i professionisti è inoltre rappresentato dalla resistenza al cambiamento in genere, specialmente se, come impone la EBM, si deve passare da una decisione basata sul livello gerarchico ad un modello decisionale basato sulle dimostrazioni di efficacia: in questo senso la EBM è una rivoluzione "democratica" in un sistema sanitario sino ad ora governato su base "oligarchica".
- La difficoltà di consultazione dei database della letteratura. Perché la EBM sia attuabile nella pratica clinica quotidiana, è necessario poter accedere alle informazioni scientifiche in tempi reali. Se lo scopo della EBM è di ottimizzare il trattamento ad un singolo paziente, allora la ricerca delle evidenze deve essere fatta in tempi ragionevoli e non prolungarsi per settimane. L'accesso quindi ad Internet, con la possibilità di recuperare linee guida, revisioni sistematiche o singoli articoli in tempi utili, è ovviamente necessario, così come è necessaria una adeguata formazione specifica all'uso dello strumento informatico.

Superato questo scoglio, un'altra non piccola difficoltà è rappresentata dalla complessità dei grandi database come MEDLINE che ad oggi contiene, come già detto, circa 18 milioni di referenze bibliografiche (autori, titoli, referenze bibliografiche) ed abstract relativi a oltre 6.672 riviste biomediche: spesso si ha la sensazione di cercare un "ago nel pagliaio"!

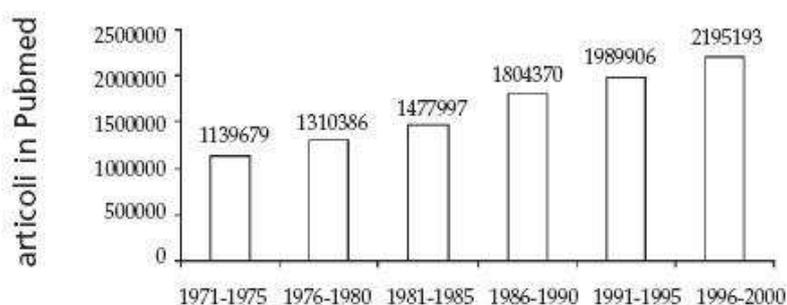


Figura 1 La crescita degli articoli in Medline.

2.1.3 L'agire tra i professionisti sanitari

I professionisti sanitari hanno sempre saputo che le loro decisioni hanno delle implicazioni importanti per gli esiti dei pazienti.

Il numero e la tipologia di decisioni incontrate da tali operatori sono collegate al loro contesto lavorativo, alla percezione del loro ruolo clinico, alla loro autonomia operativa e al grado con il quale essi guardano a loro stessi come decisori attivi ed influenti.

In aggiunta a quanto sopra, sempre di più, sono stati coinvolti nel ruolo di decisori attivi nell'assistenza sanitaria da coloro che elaborano le politiche sanitarie e dagli altri membri dei team sanitari.

Allo stesso modo, ci si aspetta che questi professionisti accedano, valutino ed inseriscano le evidenze della ricerca nei loro giudizi professionali e nelle loro decisioni cliniche.

Le decisioni basate sulle evidenze, si attuano combinando le conoscenze emerse dall'esperienza clinica, le preferenze dei pazienti e le evidenze della ricerca, all'interno del contesto delle risorse disponibili e, come tutte le decisioni, riguardano la scelta tra una serie di opzioni.

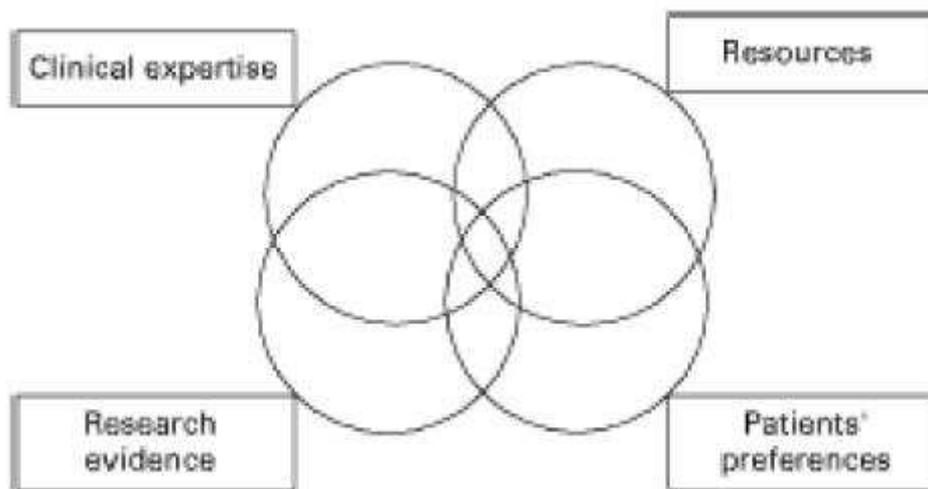


Figura 2 Un modello per le decisioni basate sulle evidenze (adattato da Haynes et al.)

Ciascuna scelta è guidata da una valutazione delle informazioni disponibili prodotte dalla ricerca: il processo di utilizzo del giudizio clinico.

Nel prendere decisioni basate sulle evidenze, i risultati della ricerca non dovrebbero essere considerati in modo superficiale ed acritico, ma dovrebbero avere un peso appropriato in una decisione, a seconda della loro validità interna ed esterna. Integrare le evidenze della ricerca

nel processo decisionale comporta la costruzione di un quesito clinico focalizzato, in risposta al riconoscimento di un bisogno di informazione, la ricerca delle evidenze più appropriate per rispondere a tale bisogno, la valutazione critica delle evidenze reperite, l'inserimento delle evidenze all'interno di una strategia per l'azione e la valutazione degli effetti di ciascuna decisione ed azione intrapresa. Questi passaggi sono componenti importanti del processo decisionale attivo³.

2.2 DEFINIZIONE DEL PROTOCOLLO DI RICERCA

OBIETTIVI

Obiettivo del presente studio è di verificare:

- quali sono i normali pattern di attivazione muscolare della spalla in soggetti sani?
- quali sono i pattern di attivazione muscolare della spalla in soggetti patologici (trauma, lesione, overuse)?
- confrontando i pattern nei sani e nei patologici, quali correlazioni neurofisiopatologiche si evidenziano?

METODI DI SELEZIONE

Quesito di ricerca:

Esistono in letteratura primaria degli studi osservazionali, sia prospettici che retrospettivi, ed in letteratura secondaria delle review che si propongono di analizzare e/o confrontare i pattern di attivazione muscolare della spalla in soggetti sani e in soggetti patologici, evidenziandone le correlazioni neurofisiopatologiche?

P = popolazione di sani + popolazioni di patologici (trauma, lesione, overuse) rispetto alla spalla

I = osservazione e valutazione dei pattern di attivazione muscolare della spalla sulla popolazione dei sani

C = osservazione e valutazione dei pattern di attivazione muscolare della spalla sulla popolazione dei patologici (trauma, lesione, overuse)

O = (non presente)

Criteri di inclusione:

Tipi di studio: studi osservazionali, sia prospettici che retrospettivi, ed in letteratura secondaria, in aggiunta, al fine di ampliare la ricerca, review qualitative, quantitative sistematiche e metanalitiche; tali studi devono effettuare una osservazione e valutazione dei pattern di attivazione muscolare della spalla sulla popolazione dei sani e/o osservazione e valutazione dei pattern di attivazione muscolare della spalla sulla popolazione dei patologici (trauma, lesione, overuse). La ricerca è stata estesa anche alle references degli studi rilevati al fine di rilevare manualmente eventuali altri studi includibili. Pubblicati e/o indicizzati fino al 10 maggio 2009; in lingua Inglese, Francese, Italiano, Spagnolo, Tedesco.

Tipi di partecipanti: soggetti sani e/o patologici (trauma, lesione, overuse) a qualsiasi distanza temporale dall'insorgenza della patologia, adulti (>19 anni), sia maschi che femmine.

Tipi di intervento: ambedue i gruppi devono essere osservati e valutati rispetto ai pattern di attivazione muscolare della spalla.

Tipi di outcome misurati: (non presenti)

Strategia di ricerca per l'identificazione degli studi:

Al fine di identificare gli studi potenzialmente in grado di soddisfare i criteri di inclusione è stata effettuata una ricerca elettronica nelle seguenti banche dati bibliografiche utilizzando, con le modalità specifiche di ogni banca le seguenti parole chiave:

shoulder* OR glenohumeral joint* OR shoulder joint

AND

biomechan* OR kinematic* OR pattern* OR motion* OR movement* OR rhythm* OR dynamic* OR "range of motion" OR "biological models" OR muscle* OR "EMG" OR "electromyograp*" OR "muscle contraction" OR "muscle strength"

Banca dati	Parole chiave con limiti	Documenti rilevati	Documenti selezionati	Documenti utilizzati
Medline	Search: ("Muscle Contraction"[Mesh] OR "Muscle Strength"[Mesh] OR "Biomechanics"[Mesh] OR "Range of Motion, Articular"[Mesh] OR "Muscle, Skeletal"[Mesh] OR	Tot: 3590 di cui 75 review	Tot: 237 di cui 14 review	Tot: 24 di cui 0 review

	<p>"Movement"[Mesh]) OR ("Models, Biological"[Mesh] OR "Models, Anatomic"[Mesh]) OR ("Electromyography"[Mesh]) AND ("Shoulder"[Mesh] OR "Shoulder Joint"[Mesh])</p> <p>Limits: publication date from 1985 to 2009, only items with abstracts, Humans, English, French, German, Italian, All Adult: 19+ years</p>			
--	--	--	--	--

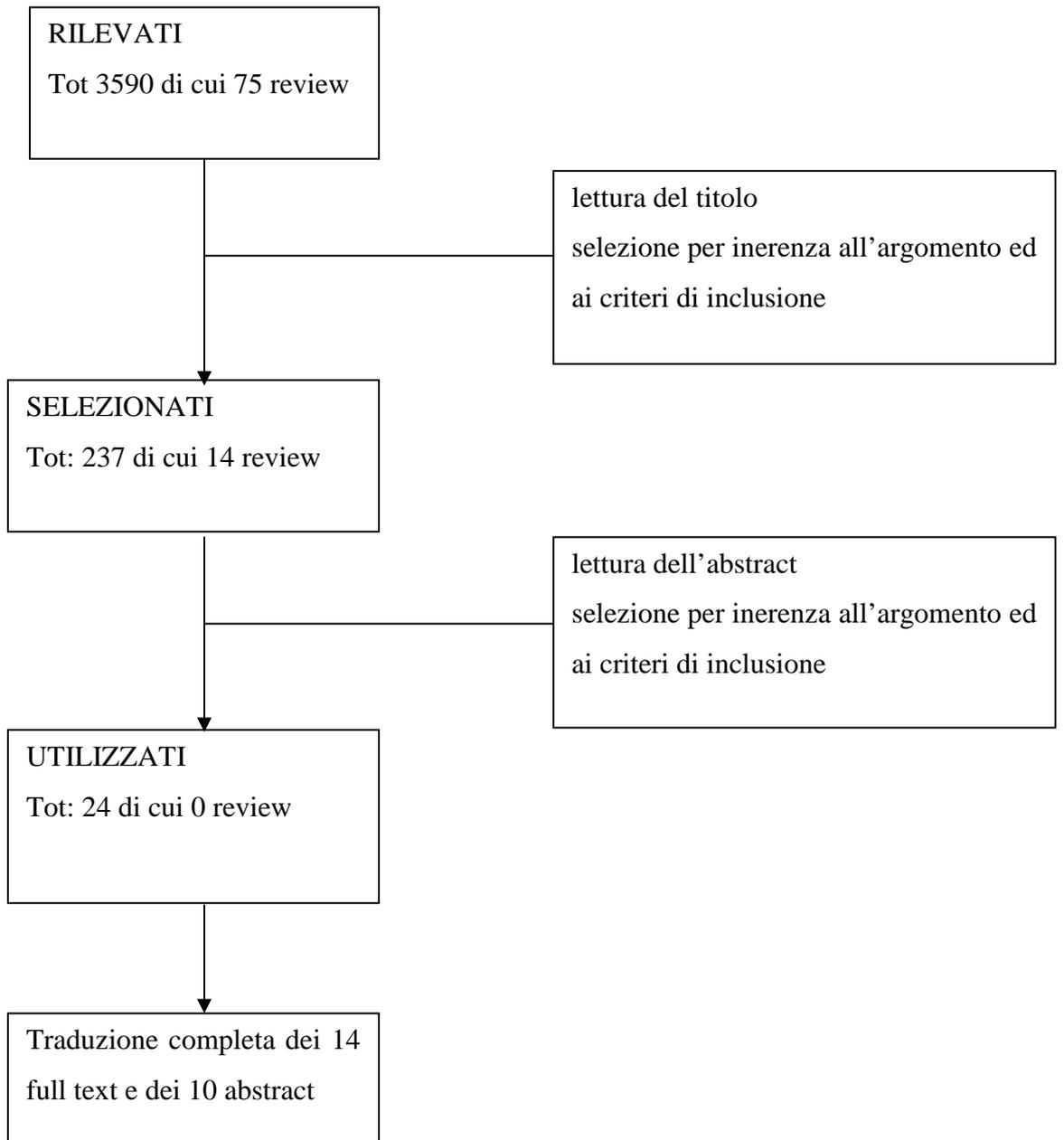
Ricerche aggiuntive per l'identificazione degli studi: La ricerca è stata estesa anche alle revisioni (sia narrative che sistematiche e metanalitiche) al fine di rilevare manualmente eventuali altri studi.

Non si è potuto effettuare:

- il recupero di abstract di congressi, conferenze, ecc.
- il contatto personale con esperti/autori qualificati nell'area della revisione per l'identificazione di studi rilevanti pubblicati che potrebbero essere sfuggiti alle precedenti ricerche (anche studi in via di pubblicazione)
- l'identificazione di studi non pubblicati

Tra gli studi rilevati si è proceduto, attraverso la lettura del titolo e dell'abstract, ad una prima verifica e selezione per inerenza all'argomento ed ai criteri di inclusione. In caso di incertezza si è proceduto alla lettura dell'intero articolo.

Infine si è proceduto alla lettura dell'intero articolo, ove recuperabile in full text, per poi decidere l'utilizzazione di 24 studi di cui si è proceduto alla traduzione del full text (14).



Flowchart della rilevazione degli studi.

CAP III - RISULTATI

3.1 ESTRAPOLAZIONE DEI DATI

In totale sono stati utilizzati 24 studi pubblicati su periodici scientifici e/o indicizzati fino al 10 maggio 2009:

1 ^[1] Kunio Yoshizaki, RPT, MSa,b, Junichiro Hamada, MD, PhDc, Kazuya Tamai, MD, PhDd, Ryo Sahara, RPTc, Takayuki Fujiwara, RPT, MD, PhD, DEa,b, Tetsuya Fujimoto, DEb Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders J Shoulder Elbow Surg (2009) -, 1-8
1 ^[1] Paula M. Ludewig, Pt, PhD Jonathan F. Reynolds, PT, PhD The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies journal of orthopaedic & sports physical therapy 2009 ;(39):90-104
1 ^[1] Kronberg M, Brostrom LA, Nemeth G. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. Clin Orthop Relat Res 1990; 257: 76-85
1 ^[1] Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Scapulothoracic and glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. Orthop Sports Phys Ther 2006; 36 (8): 557-71
1 ^[1] Graichen H, Bonél H, Stammberger T, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F. Effect of muscle activity on the 3- dimensional movement pattern of the shoulder. Study whit open MRI.2001 Unfallchirurg; 104(4): 288-93
1 ^[1] Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation 2005. clinical biomechanics 20; 700-709
1 ^[1] Timothy J. Brindle a, Arthur J. Nitz b, Tim L. Uhl c, Edward Kifer d, Robert Shapiro Kinematic and EMG characteristics of simple shoulder movements with proprioception and visual feedback. Journal of Electromyography and Kinesiology 2006;(16) 236-249
[1] Yamaguchi K, Riew KD, Galatz LM, Syme JA, Neviaser RJ. Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis. Clin Orthop Relat Res. 1997 Mar;(336):122-9.
1 ^[1] Hinterwimmer S, Von Eisenhart-Rothe R, Siebert M, Putz R, Eckstein F, Vogl T, Graichen H. Influence of adducting and abducting muscle forces on the subacromial space width. Med Sci Sports Exerc. 2003 Dec;35(12):2055-9.

<p>1^[1] Paula M Ludewig, Paula M Ludewig Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With Symptoms of Shoulder Impingement. <i>physical therapy</i> 2000; 80 (3):276-91</p>
<p>1^[1] Bryan T. Kelly, MD, Riley J. Williams, MD, Frank A. Cordasco, MD, Sherry I. Backus, MA, PT, James C. Otis, PhD, Daniel E. Weiland, MD, David W. Altchek, MD, Edward V. Craig, MD, Thomas L. Wickiewicz, MD, and Russell F. Warren, MD, New York, NY Differential patterns of muscle activation in patients with symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears. <i>j shoulder elbow surgery</i> 2005; 165-171</p>
<p>1^[1] F. Steenbrinka,b, J.H. de Grootc, H.E.J. Veegerb, C.G.M. Meskersc, M.A.J. van de Sandea, P.M. Rozinga. Pathological muscle activation patterns in patients with massive rotator cuff tears, with and without subacromial anaesthetics. <i>Manual therapy</i> 2006; (11): 231-237</p>
<p>1^[1] Kawamoto S. Electromiographic study associated whit rotator cuff tears. <i>Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi</i>. 1986; 60 (12): 1239-49</p>
<p>1^[1] Kido T, Itoi E, Konno N, Sano A, Urayama M, Sato K. The depressor function of biceps on the head of the humerus in shoulders with tears of the rotator cuff. <i>J Bone Joint Surg Br</i>. 2000 Apr;82(3):416-9.</p>
<p>1^[1] Werner CM, Favre P, Gerber C. The role of the subscapularis in preventing anterior glenohumeral subluxation in the abducted, externally rotated position of the arm 2007. <i>Clinical Biomechanics</i> ; 22: 495-501</p>
<p>1^[1] Alexander Cm . Altered control of the trapezius muscle in subjects whit non-traumatic shoulder instability 2007. <i>Clinical Neurophysiology</i>; 118: 2264-2671</p>
<p>1^[1] Ward SR, Hentzen ER, Smallwood LH, Eastlack RK, Burns KA, Fithian DC, Friden J, Lieber RL. Rotator cuff muscle architecture: implications for glenohumeral stability. <i>Clin Orthop Relat Res</i> 2006;448:157-63</p>
<p>1^[1] McMahon PJ, Lee TQ Muscle may contribute to shoulder dislocation and stability. <i>Clin Orthop Relat Res</i> 2002 Oct; (403): 18-25</p>
<p>1^[1] J.M. Bardena, R. Balyka, V.J. Rasoc, M. Moreaua, K. Bagnallb Atypical shoulder muscle activation in multidirectional instability <i>Clinical Neurophysiology</i> 2005; 116: 1846-1857</p>
<p>1^[1] Arpad Illyes Rita M. Kiss Kinematic and muscle activity characteristics of multidirectional shoulder joint instability during elevation <i>Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc</i> 2006; 14:673-685</p>
<p>1^[1] Alfred D. Morris, Graham J. Kemp, Simon P. Frostick. Shoulder aelectromyography in multidirectional instability. <i>J shoulder elbow surg</i>; 13: 24-29</p>

1 ^[1] Kronberg M, Brostrom LA, Nemeth G. Differences in shoulder muscle activity between patients with generalized joint laxity and normal controls. Clin orthop relat res 1991; (269): 181-92
1 ^[1] Pande P, Hawkins R, Peat M, Electromyography in voluntary posterior instability of the shoulder. Am J sports medicine 1989; 17 (5): 644-8
1 ^[1] Glousman R, Jobe F, Moyens D, Antonelli D, Perry J. Dinamic electromyographic analysis of the trowing shoulder whit glenohumeral instability 1988, 79 (2): 220-6

Figura 3 Le citazioni bibliografiche degli studi utilizzati

3.2 ADERENZA AI CRITERI DI INCLUSIONE: EVIDENZE DERIVATE DALLA LETTERATURA

3.2.1 Introduzione: biomeccanica ed elettromiografia di base

La cuffia dei rotatori è il complesso muscolo tendineo che costituisce il sostegno attivo dell'articolazione gleno-omeroale ed è formato dalle inserzioni capsulari dei tendini del sovraspinoso, del sottoscapolare, del sottospinoso e del piccolo rotondo. La loro disposizione anatomica è fondamentale per potenziare il compito delle strutture periarticolari e per migliorare la stabilità complessiva dell'articolazione. Il ruolo di stabilizzatori è evidenziato dal fatto che, con la perdita del 40% dell'attività della cuffia dei rotatori, si ha un aumento di spostamenti antero-posteriori pari al 50%.

L'azione di questi 4 muscoli, in sinergia con l'azione del deltoide, è fondamentale nella generazione del corretto ed efficiente movimento dell'articolazione gleno-omeroale e determina i movimenti di intra ed extrarotazione e di abduzione.

Sul piano frontale, la linea di azione del sovraspinoso determina una forza rotatoria abduztrice costante per l'intero range di movimento e un'importante forza longitudinale coattante (grazie alla disposizione orizzontale delle sue fibre) che permette il centramento e la stabilizzazione della testa omeroale nella cavità glenoidea.

Le linee d'azione del sottoscapolare, del sottospinoso e del piccolo rotondo sono tali per cui ogni tendine esercita una forza con una componente rotatoria abduztrice per i primi due muscoli e adduttrice per il terzo.

La loro componente longitudinale determina il centramento della testa omeroale nella fossa glenoidea, la neutralizzazione dell'azione di traslazione superiore della testa omeroale,

esercitata del deltoide, e la facilitazione del movimento artrocinematico di scivolamento inferiore tra la superficie articolare convessa della testa omerale sulla superficie concava della cavità glenoidea. Inoltre, durante l'abduzione sul piano frontale, il sottospinoso e il piccolo rotondo ruotano esternamente l'omero, così da facilitare la clearance tra la grande tuberosità e l'acromion, prevenendo contatti tra le due strutture.

ABDUZIONE

L'abduzione è determinata dal deltoide medio, dal sovraspinato, dal sottospinoso, dalla porzione superiore del sottoscapolare e dal deltoide anteriore (dopo i primi 20° d'abduzione)

ASPETTI BIOMECCANICI

In posizione neutra, la capacità abduzoria di movimento del deltoide medio rappresenta il 38% della capacità totale di generazione di un momento angolare abduzorio, quella del sovraspinoso il 32%, del sottospinoso il 10% e della porzione superiore del sottoscapolare il 20%. Il progredire del movimento d'abduzione determina un aumento nel ruolo agonista del deltoide e una diminuzione in quella della cuffia dei rotatori.

L'azione dei muscoli della cuffia è determinante soprattutto nei primi 90° di abduzione. In particolare, il sovraspinoso che, pur avendo una sezione trasversa uguale a quella della metà del deltoide medio, mostra un ruolo fondamentale all'inizio dell'abduzione, essendo fino a 50° in vantaggio meccanico rispetto al deltoide medio.

In posizione neutra, il braccio di forza del sovraspinoso misura circa 2,5 cm, quello del deltoide medio circa 1,3 cm. A 40° d'abduzione il braccio di forza del deltoide medio (2,4 cm) è ancora minore rispetto al braccio di forza del sovraspinato (2,6 cm), che supera solo oltre i 50°.

Il braccio di forza abduzorio del sovraspinoso rimane costante per tutto il movimento; quello del deltoide aumenta con l'abduzione e passa da 1,30 cm circa degli 0° di abduzione ai 2,70 cm circa dei 60° di abduzione e ai 3,20 cm circa dei 90°.

Il sottospinoso e la porzione superiore del sottoscapolare nei primi 60° del movimento d'abduzione hanno anch'essi un ruolo importante, e pur avendo dei bracci di forza abduzori modesti (meno della metà di quello del sovraspinoso, misurato in media 1 cm per tutto il movimento) riescono a generare un discreto momento angolare simile a quello del sovraspinoso, poiché possiedono un'importante sezione trasversa (quasi il doppio di quella del sovraspinoso).

È interessante notare che l'intrarotazione aumenta la capacità del sottospinoso di abduire l'arto superiore e l'extrarotazione aumenta la capacità della porzione superiore del sottoscapolare di abduire.

Infatti, i bracci di forza abduttori della porzione superiore del sottoscapolare e del sottospinoso sono fortemente influenzati dalla rotazione. Quello della porzione superiore del sottoscapolare aumenta con il movimento d'extrarotazione e diminuisce con l'intrarotazione (a 45° di intrarotazione misura 0,5 cm, in posizione neutra 1,30 cm, a 45° d'extrarotazione 2,5 cm), quello del sottospinoso aumenta con il movimento di intrarotazione e diminuisce con l'extrarotazione (a 45° d'intrarotazione misura 2 cm circa, in posizione neutra 1,70 cm e a 45° d'extrarotazione 1 cm circa).

Il sottoscapolare ha la maggior sezione traversa dei muscoli del complesso della spalla, superiore a quella del sottospinoso, del deltoide medio, e del deltoide posteriore di un 30%, a quella del deltoide anteriore di un 40%, a quella del sovraspinoso di un 60% e a quella del piccolo rotondo di un 75%.

CURVA DI FORZA DEGLI ABDUTTORI

La curva di forza degli abduttori è ascendente-discendente: dagli 0° si ha un aumento graduale della capacità dei muscoli di generare un momento abduttore che arriva ad un massimo intorno ai 60°, rimane di questa entità fino ai 100°, per poi diminuire gradualmente.

La capacità abduttoria totale aumenta con l'incremento della capacità abduttoria del deltoide e raggiunge la condizione migliore (tra i 60° e i 100°) quando il braccio di forza del deltoide ha una buona misura.

ROTAZIONE

Il sottoscapolare ha un'importante funzione nella rotazione interna. Il sottospinoso e il piccolo rotondo hanno una funzione determinante per la rotazione esterna che invece è modesta per il sovraspinoso.

ASPETTI BIOMECCANICI

Il sottoscapolare in posizione neutra ha un braccio di forza intrarotatorio di circa 2,4 cm. Questo viene leggermente influenzato dalla flessione (a 90° di flessione misura 2 cm circa), moderatamente dall'abduzione scapolare (a 90° di abduzione sul piano scapolare misura circa 1,75 cm) e discretamente dall'abduzione frontale (a 90° misura 1,54 cm).

La sua capacità di generare un momento angolare intrarotatorio diminuisce dell'8% con la flessione, del 20% con l'abduzione scapolare e del 30% con l'abduzione frontale.

In posizione neutra la capacità intrarotatoria del sottoscapolare rappresenta il 40% della capacità totale (il 33% è generato dal gran dorsale, il 10% dal gran pettorale e dal gran rotondo, il 7% dal deltoide anteriore)

A 90° di flessione la capacità intrarotatoria del sottoscapolare rappresenta il 30% della capacità totale (un 20% è generato dal gran dorsale, un 10% dal gran rotondo, gran pettorale e deltoide anteriore, il resto dal deltoide medio e posteriore che sono diventati intrarotatori).

Il sottospinoso ha un braccio di forza extrarotatorio che misura 2,4 cm circa e che diminuisce sia con il movimento d'abduzione frontale (a 90° misura 1,91 cm), sia con il movimento d'abduzione sul piano scapolare (a 90° misura 1'61 cm) e sia con l'elevazione sul piano sagittale (a 90° misura 1,03). Questo indica che la maggior capacità di generare un momento angolare extrarotatorio del sottospinoso è in posizione neutra. Con l'abduzione frontale diminuisce di un 10%, con l'abduzione scapolare diminuisce di un 20% e con la flessione di un 60%.

Il piccolo rotondo in posizione neutra ha un braccio di forza extrarotatorio che misura 2 cm e che non è influenzato dai movimenti d'elevazione. La sua capacità extrarotatoria è simile in tutte le posizioni.

Il sovraspinato ha un braccio di forza extrarotatorio di 0,7 cm circa. Con l'aumento dell'abduzione il braccio di forza extrarotatorio diminuisce leggermente (0,5 cm a 60° d'abduzione) riducendo anche la sua capacità di generare un momento angolare extrarotatorio.

CURVA DI FORZA DEI ROTATORI

Gli extrarotatori hanno una curva di forza discendente: partendo da una posizione di 45° di intrarotazione la capacità di generare un momento angolare extrarotatorio tende a diminuire per tutto il range di movimento.

Gli intrarotatori hanno curva di forza ascendente-discendente. Partendo dalla piena rotazione esterna la capacità intrarotatoria aumenta fino alla posizione neutra per poi diminuire.

ATTIVITA' ELETTROMIOGRAFICA

Studi elettromiografici mostrano in tutto il range di abduzione un discreto livello d'attività del sottospinoso (20% della sua massima attività elettromiografica), del sottoscapolare (30% della

sua massima attività elettromiografica) e del sovraspinato (40% della sua massima attività elettromiografica).

Tutti i muscoli mostrano un'importante attività elettromiografica sin dalla fase iniziale di elevazione che aumenta (soprattutto per il sottoscapolare) all'inizio della fase intermedia di elevazione (intorno ai 60°) per raggiungere la loro massima attività tra i 90°-100° e decrescere immediatamente per il sottospinoso e sovraspinoso, e dopo i 130° per il sottoscapolare.

Il sottoscapolare mostra un'attività maggiore in abduzione associata alla massima intrarotazione. Il sottospinoso e il sovraspinato mostrano un'attività maggiore in abduzione associata alla massima extrarotazione.

Il piccolo rotondo non ha un braccio di forza abduttore e mostra un importante aumento della sua attività dopo i 120° di movimento, quando il suo vettore di forza determina una componente longitudinale capace di generare il movimento artrocinematico di scivolamento della testa omerale nella cavità glenoideale.

I muscoli della cuffia dei rotatori hanno una maggior attività elettromiografica nella parte mediana dei range articolari di intra-extrarotazione. Questo può essere determinato dal fatto che nelle posizioni estreme la capsula anteriore e le strutture periarticolari sono maggiormente in tensione e offrono una buona stabilità articolare; al contrario, nelle fasi mediane dei movimenti di spalla, sono rilasciate e per garantire la stabilità articolare è necessario l'attività dei muscoli della cuffia.

Durante i movimenti di intrarotazione nei vari piani il sottoscapolare è sempre attivo. Per isolare la sua attività da quella del gran pettorale e del gran rotondo, il movimento non deve essere adduttore o estensore e deve iniziare con il braccio abdotto sul piano scapolare a 90° e in rotazione neutra. In intrarotazione, la maggior attività elettromiografica del sottoscapolare viene registrata quando il braccio è abdotto sul piano scapolare con moderata rotazione esterna.

L'extrarotazione che inizia con il braccio elevato a 90° sul piano sagittale e in leggera extrarotazione è il movimento ottimale per isolare l'attività del sottospinoso e del piccolo rotondo. L'attività del piccolo rotondo è maggiore quando l'extrarotazione è associata all'adduzione.

Dopo aver visto qual'è la biomeccanica dell'articolazione gleno-omerale è inoltre importante sapere se i patterns di attivazione muscolare sono gli stessi a seconda che una spalla sia o meno dominante.

A tal proposito uno studio di Kunio Yoshizaki⁴ ha analizzato il ritmo scapolo-omerale e l'attività elettromiografica dei muscoli della spalla durante i movimenti di innalzamento e

abbassamento del braccio sul piano scapolare sia della spalla dominante sia di quella non dominante. Ovviamente la conoscenza, se esistente, delle diversità ha un'importanza fondamentale anche dal punto di vista clinico. Si è quindi esaminato il ritmo scapolare (*SHR*) (*scapulohumeral rhythm, da qui in avanti SHR N.d.T*) ed è stata eseguita un'elettromiografia (EMG) (*electromyography – da qui in avanti EMG N.d.T*) del deltoide medio, del trapezio superiore, del trapezio inferiore, della parte inferiore del *serratus anterior* di entrambe le spalle in 18 volontari sani (14 uomini, 4 donne) con un'età media di 24 anni (*range* d'età: 19-30 anni). I partecipanti alzavano e abbassavano in modo casuale il braccio sinistro o destro sul piano scapolare e il movimento veniva misurato con un sistema di analisi tridimensionale.

Il sistema si è rivelato accurato per misurazioni in lunghezza entro un valore di 0,07 mm a riposo ed entro 0,42 mm in movimento, per gli orientamenti angolari entro 0,13° a riposo e 0,62° in movimento. L'errore dovuto allo scivolamento della pelle dei marker era pari a $1,2 \pm 1,0$ cm per la radice della spina scapolare, $0,7 \pm 0,6$ cm per l'angolo acromiale, $0,8 \pm 1,0$ cm per il processo coracoideo misurato dalla radiografia, e il valore del marker di entrambi gli epicondili variava entro il valore di 0,5 cm con palpazione in superficie.

La ripetibilità nel moto scapolare era molto elevata (*Intraclass correlation coefficient- ICC* 0,97-0,99) il primo giorno, il secondo e in entrambi i giorni; inoltre, è stata rilevata una ripetibilità elevata anche del SHR (*ICC*, 0,71-0,98).

In media, gli angoli maggiori di elevazione del braccio e di rotazione ascendente scapolare erano pari a $130,3^\circ \pm 7,9^\circ$ e $32,2^\circ \pm 5,6^\circ$ per le braccia dominanti e di $130,8^\circ \pm 6,4^\circ$ e $31,8^\circ \pm 5,8^\circ$ per le non dominanti. Gli angoli di inclinazione della spina toracica misurati in fase di elevazione massima erano pari a $11,3^\circ \pm 6,7^\circ$ per la rotazione assiale, $3,0^\circ \pm 1,3^\circ$ sul piano coronale e pari a $3,0^\circ \pm 1,3^\circ$ sul piano sagittale.

Il valore medio di SHR era di 3,4 (*range*: 3,0-4,0) per le braccia dominanti e di 3,1 (*range*: 3,0-4,3) per braccia non dominanti. L'angolo di rotazione scapolare ascendente è rimasto quasi sempre lineare durante tutto il moto, senza presentare una differenza significativa nell'angolo di rotazione ascendente tra braccia dominanti e non dominanti. ($P = .767$). Il coefficiente di variazione del SHR di tutti i partecipanti in ogni incremento di 10°, è cambiato, a partire dal punto iniziale, fino a raggiungere i 60° di innalzamento, convergendo in ragione inversa ad una ratio costante, per poi aumentare fino a 60°, per poi presentare una diminuzione nella fase finale L'SHR non differiva significativamente in ogni incremento di 10° tra spalle dominanti e non dominanti in ciascun individuo durante l'innalzamento ($P = .337$) e abbassamento ($P = .1$).

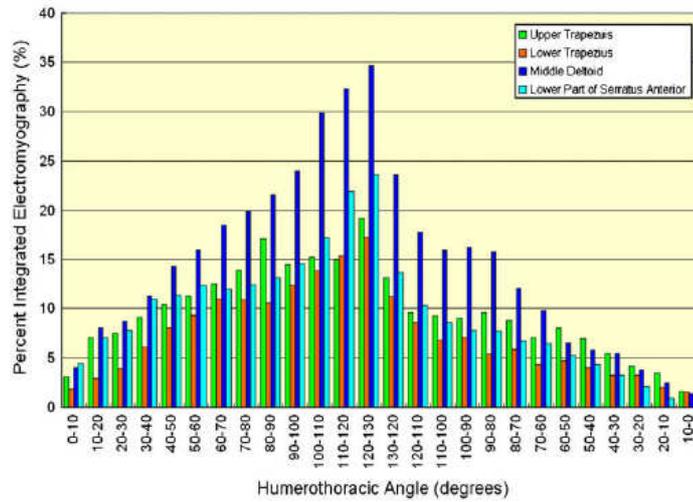


Figure 3 Electromyography (EMG) of shoulder muscles is shown in each 10° increment for the dominant arm. The respective EMG activities of the 4 shoulder muscles increased consistently with elevation, reached a peak between 120° to 130°, and then gradually declined. The highest and lowest activities during motion were observed for the middle deltoid and the lower trapezius, respectively.

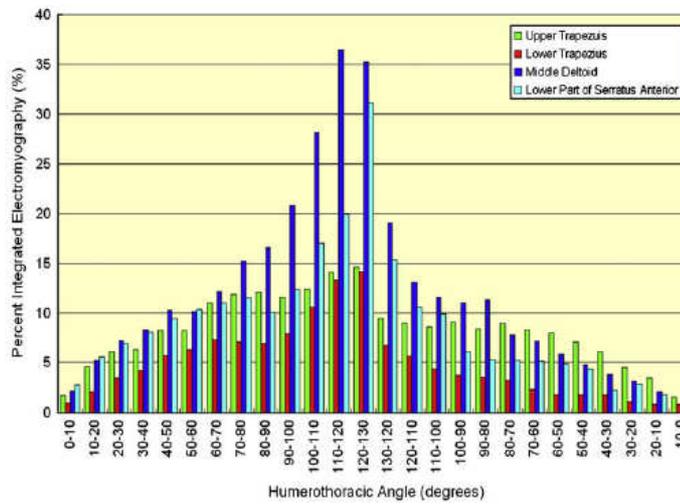


Figure 4 Electromyography (EMG) of shoulder muscles is shown for the nondominant arm. The trend of EMG activity in each muscle was the same as that for the dominant shoulder.

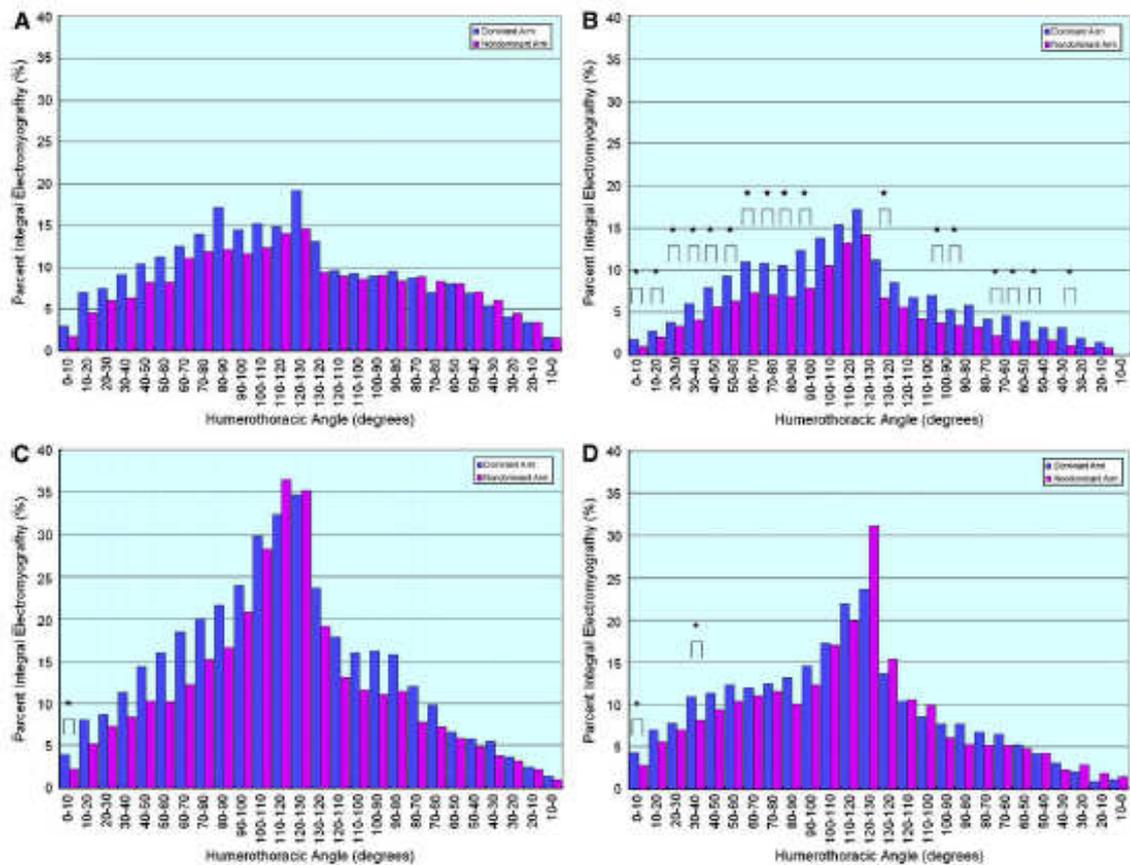


Figure 5 Electromyography (EMG) of each shoulder muscle in the dominant vs nondominant arm in each 10° increment. (A) Upper trapezius; (B) lower trapezius; (C) middle deltoid; and (D) lower part of the serratus anterior. *EMG*, integrated electromyography.

La relativa percentuale EMG integrata per i 4 muscoli in ciascun incremento di 10° per le spalle dominanti e non dominanti è riportata nelle figure 3 e 4 rispettivamente. L'attività EMG dei 4 muscoli della spalla è aumentata in modo costante, raggiungendo un picco a 120° e raggiungendo 130° di elevazione, per poi diminuire gradualmente. Il deltoide medio ha presentato l'attività maggiore, mentre per il trapezio inferiore è stata rilevata la quantità minore di attività. Non è stata rilevata alcuna differenza significativa nella percentuale di EMG integrata del trapezio superiore durante tutto il range del movimento tra spalle dominanti e non dominanti ($P > .163$). In ogni caso, la percentuale di EMG integrata del trapezio inferiore era considerevolmente diversa ($P < .049$; Figura 5, B). Una differenza importante, a livello statistico, è presente esclusivamente nella fase iniziale di innalzamento per il deltoide medio ($P = .007$) e per il muscolo dentato anteriore ($P = .03$).

I risultati di tale studio supportano l'ipotesi secondo la quale non esiste una differenza del SHR tra entrambe le spalle nel facile compito di elevare e abbassare il braccio nel piano scapolare, in assenza di un carico esterno.

Non è stata rilevata una differenza significativa nella percentuale di IEMG per il trapezio superiore durante il range del movimento. La percentuale %IEMG relativa al deltoide medio e al dentato anteriore ha mostrato una differenza nella fase iniziale di innalzamento.

Al contrario, la %IEMG per il trapezio inferiore ha presentato una differenza significativa tra le spalle dominanti e non dominanti. Pertanto, le attività EMG dei muscoli, ad eccezione del trapezio superiore, sono coerenti con la seconda ipotesi che prevede che l'EMG di ciascun muscolo della spalla presenti un pattern diverso tra le due spalle.

Il presente studio dimostra che il movimento delle articolazioni cinematiche è lo stesso tra spalle dominanti e non dominanti, nonostante i 3 o 4 muscoli che lavorano in modo diverso. Studi precedenti hanno dimostrato che gli impulsi del torque del muscolo flessore e il muscolo estensore sono più bassi al livello dell'articolazione della spalla dominante, e il torque dei muscoli della spalla non dominante deve contrastare gli effetti del torque del muscolo del gomito per accelerare il braccio superiore.

E' stato possibile osservare queste differenze sistematiche nel momento di forza nelle registrazioni EMG dei muscoli della spalla e del gomito (biceps brachii, triceps brachii, pectoralis major e deltoide posteriore) e l'attività del flessore rimaneva sostanzialmente inferiore per il braccio dominante dopo l'inizio del movimento.

Le prime ricerche cinematiche relative al complesso della spalla suggerivano di separare le articolazioni GH e ST e sostenevano che l'angolo di rotazione ascendente avesse un'influenza diretta sul SHR.

L'angolo di rotazione ascendente, negli studi precedenti, variava da 29° a 49°, mentre nel nostro studio si arresta a 32°. Complessivamente, i valori del SHR riportati variavano da 1.35:1 fino a 7.9:1. I dati attuali dimostrano che l'SHR medio era 3,4 per spalle dominanti e 3,1 per spalle non dominanti; questi dati non sono del tutto coerenti con i risultati ottenuti in ricerche precedenti. Ciò potrebbe essere dovuto a diversi fattori, tra cui la differente strumentazione utilizzata, i piani di analisi, la determinazione dei valori angolari per la posizione iniziale, movimento statico vs movimento dinamico, il range di misurazione, la posizione del busto, così come le caratteristiche stesse dei partecipanti.

La spalla presenta una lieve instabilità intrinseca e il suo funzionamento dipende, in larga parte, dal funzionamento ottimale dei muscoli. I muscoli primari che aducono l'articolazione GH sono il deltoide medio e il supraspinatus e l'azione coordinata di entrambi i muscoli è necessaria per il suo movimento efficiente e armonioso.

Il trapezio superiore e inferiore e la parte inferiore del muscolo *dentato anteriore* formano una coppia di forze che ruotano la scapola verso l'alto. I relativi contributi EMG dei 4 muscoli

presentano un incremento coerente nell'attività in relazione all'innalzamento del braccio e gli attuali risultati dell'EMG sono coerenti con i risultati di precedenti ricerche. Il deltoide medio ha presentato la maggiore attività EMG, seguito poi del dentato anteriore, dal trapezio superiore e dal trapezio inferiore.

Descrizioni elettrografiche dell'attività del trapezio e del *serratus anterior* nel corso di innalzamento omerale sono state messe comunemente in relazione a pattern cinematici di rotazione ascendente scapolare a 2D.

La parte inferiore del dentato anteriore è il muscolo primario per la rotazione ascendente della scapola e, pertanto, l'attività EMG nel dentato anteriore è maggiore rispetto a quella presente nel trapezio superiore o inferiore. Il trapezio inferiore è particolarmente attivo durante le fase successiva di abduzione della spalla, e i nostri risultati sono coerenti con queste osservazioni.

Il trapezio inferiore è importante per il mantenimento della rotazione ascendente della scapola nel movimento del lanciare o del gettare. E' stata riscontrata una significativa differenza nell'attività EMG tra le spalle dominanti e non dominanti durante il movimento. Si ritiene che le differenze nell'attività EMG di questo muscolo tra spalle dominanti e non dominanti potrebbero essere presenti nell'esecuzione di compiti più complessi o con l'aggiunta di un carico esterno sulle braccia. Questa ricerca dimostra che partecipanti sani innalzano entrambe le braccia secondo lo stesso pattern cinematico. Queste considerazioni possono essere utilizzate nella valutazione clinica e nel trattamento dei disturbi della spalla, inclusa la spalla rigida, la sindrome da urto, *la lesione della cuffia dei rotatorie* la disfunzione scapolare.

A livello clinico, è difficile visualizzare il movimento gleno omerale o della scapola o di entrambi. L'osservazione attenta del movimento scapolare permetterebbe un confronto tra la spalla compromessa e la parte non compromessa. Una volta identificata la differenza cinematica tra le due spalle ci è possibile prevedere la disfunzione o il disturbo che colpiscono il complesso della spalla

Poiché la variabilità delle attività dei muscoli viene osservata per entrambe le spalle, dovremmo valutare il modo in cui le spalle vengono usate durante l'innalzamento e l'abbassamento e se i muscoli si indeboliscono.

I pazienti con disturbi alle spalle dovrebbero venir curati con l'obiettivo di raggiungere la stessa condizione del lato non interessato dal disturbo.

Anche se la ripetibilità era alta, sono stati usati rilevatori sulla pelle in posizione statica e sono stati eseguite misurazioni dinamiche.

La palpazione della superficie della pelle è stata confermata come indicatore accurato della posizione dei landmark toracici e scapolari. Ciò nonostante, l'accuratezza della relazione tra

la posizione di marker ossei e la posizione dei marker sulla pelle non era completamente chiara. Tale limite nella misurazione deve essere necessariamente corretto in una ricerca futura.

Lo studio è stato condotto su soggetti giovani ed in salute ed è necessario prestare cautela nell'estrapolare e nell'applicare questi risultati ad altri soggetti. Inoltre, i partecipanti non alzavano o abbassavano le loro estremità con una velocità simile a quella della loro vita quotidiana, in cui la velocità è generalmente più elevata e il braccio viene innalzato al di sotto dell'articolazione del gomito piegato. Nelle ricerche future sarebbe bene effettuare misurazioni in condizioni più coerenti con quelle della vita quotidiana.

Dopo aver analizzato la biomeccanica di base del cingolo scapolare e dopo aver visto che non vi sono differenze cinematiche tra spalla dominante e non dominante è opportuno vedere se vi è associazione tra particolari patologia scapolo-omerale e la cinematica del cingolo scapolare, al fine di capire se in seguito a una patologia si alterano i patterns di attivazione muscolare e se una particolare condizione patologica conduce sempre a un caratteristico pattern di attivazione motoria.

A tal proposito uno studio di Paula M Ludewing e Jonathan Reynolds⁵ ha analizzato la cinematica scapolare associata alle patologie relative all'articolazione gleno-omerale con l'obiettivo di:

- -rivedere le normali cinematiche della scapola e della clavicola durante l'innalzamento del braccio;
- -rivedere l'evidenza della cinematica scapolare e clavicolare anormale nelle patologie delle articolazioni glenomerale identificate;
- -rivedere le potenziali implicazioni biomeccaniche e i meccanismi di queste alterazioni cinematiche;
- -relazionare questi fattori biomeccanici alle considerazioni nella valutazione clinica e nel trattamento di questi disturbi.

Viene messo in evidenza che il dolore alla spalla e le relative disfunzioni dei movimenti dell'articolazione gleno-omerale sono situazioni piuttosto comuni e debilitanti e soprattutto contribuiscono all'insorgenza di diverse disabilità.

I problemi più frequenti includono impingement alla spalla e conseguente sindrome o tendinopatia della cuffia dei rotatori, che può portare alla lacerazione della cuffia dei rotatori, così come a instabilità dell'articolazione glenomerale e capsulite adesiva (sindrome della spalla congelata). Ad eccezione della capsulite adesiva, la maggior parte di questi problemi articolari sono collegati ad attività lavorative o atletiche che richiedono un uso frequente del

braccio, soprattutto in attività overhead. La prevalenza di dolore alle spalle in certi sport o lavori può raggiungere il 40% e oltre.

L'impingement è definito come una compressione, intrappolamento o irritazione meccanica delle strutture della cuffia dei rotatori e/o del capo lungo del tendine del bicipite, sia al di sotto dell'arco coracoacromiale (impingement subacromiale), sia tra la superficie inferiore della cuffia dei rotatori e la cavità glenoidea o il labbro glenoideo (impingement interno).

Come ben si sa una sindrome conflittuale difficilmente è attribuibile a un ben individuato processo eziologico, sicuramente di frequente si può dimostrare un concorso di fattori che, se considerati singolarmente, apparirebbero insufficienti a giustificare la sintomatologia. Esemplicando, esistono persone che, pur avendo un acromion ad uncino, cioè particolarmente prominente verso il sottostante sbocco del sovraspinato, non accusano alcun sintomo. Si può però ipotizzare, che se questi soggetti assommassero nel corso della loro vita ulteriori fattori di rischio, oltre a quello già menzionato (quale attività lavorativa ad arti superiori elevati, un'instabilità gleno-omerale, ecc.), potrebbero sviluppare un disturbo algico della spalla più facilmente di chi possiede un acromion piatto, ovvero possiede un substrato anatomico più vantaggioso.

In questo senso, l'impingement è una patologia multifattoriale, in cui solo l'azione sinergica di diversi fattori di rischio può portare il soggetto oltre la soglia della manifestazione clinica.

È pertanto corretto parlare di fattori di rischio e non di fattori eziologici. I fattori di rischio possono essere a loro volta distinti in strutturali e funzionali: nei primi il momento eziopatogenetico risiede in un dimorfismo delle strutture anatomiche in gioco; nei secondi esso risiede invece in un'alterata funzione, talvolta isolata, talora associata a una lesione organica. Tra i fattori strutturali vanno presi in considerazione la forma e la dimensione di acromion, coracoide, articolazione acromion-claveare, omero, borsa sottoacromion-deltoidea, legamento coraco-acromiale. I fattori funzionali che invece possono provocare un conflitto sono un deficit del meccanismo di depressione della testa omerale, weight-bearing shoulder, anomalie scapolari per posizione e mobilità, rigidità capsulare posteriore ed instabilità.

L'impingement ripetitivo è uno dei tanti meccanismi ritenuti causa dello sviluppo di patologie alla cuffia dei rotatori, che con il passare del tempo e il persistere del conflitto può portare alla lesione parziale o totale della cuffia dei rotatori.

A Neer si deve la stadiazione anatomo-clinica della sindrome da impingement, che può essere così schematizzata:

stadio 1: alterazioni reversibili edematoso-emorragiche del complesso teno-bursale, riferibili a un processo infiammatorio acuto, producono dopo affaticamento della spalla, una

sintomatologia dolorosa che regredisce spontaneamente con il riposo. I pazienti hanno mediamente meno di 25 anni;

stadio 2: una tendinite cronica, con eventuali calcificazioni intratendinee e fibrosi della borsa sottoacromiondeltoidea, determina dolore nei gesti di elevazione dell'arto in soggetti di età solitamente compresa tra 20 e 40 anni;

stadio 3: una rottura tendinea parziale o totale complica il quadro precedente, condizionando una più o meno grave impotenza funzionale, tipicamente in pazienti ultraquarantenni. La sede di tale rottura, quando essa si verifica è abbastanza costante ed è a circa 1 cm dall'inserzione della grande tuberosità, zona che perciò viene denominata critical zone. In effetti questa zona è, per la sua situazione anatomica, la più compromessa dal conflitto tra acromion e trachite omerale.

Sono in realtà state formulate anche altre ipotesi esplicative di questa localizzazione preferenziale, la più suggerita della quali è sicuramente quella proposta da Lindblom nel 1939, che ipotizzava un deficitario apporto vascolare al tendine in prossimità della sua inserzione. Tale ipotesi, non ha però trovato conferma in studi successivi (Iannotti, 1989). Abbandonata la teoria di un difetto microcircolatorio su base anatomica, permane la possibilità che un'occlusione funzionale di vasi normalmente rappresentati possa contribuire alla patogenesi della lesione tendinea: sia la tensione del tendine nei movimenti di adduzione (Rathbun, 1970), sia la compressione contro la volta coraco-acromiale nei movimenti di elevazione (Sigholm, 1988) potrebbero "spremere" i vasi intratendinei, producendo così una condizione di ischemia ricorrente potenzialmente dannosa.

La patogenesi della tendinopatia della cuffia dei rotatori non è conosciuta nei dettagli, ed è in qualche modo controversa; tuttavia, è probabile un'eziologia multifattoriale. I meccanismi proposti includono (1) una riduzione anatomica nello spazio disponibile al di sotto dell'arco coracoacromiale o entro l'area di uscita del sopraspinato che porta all'impingement subacromiale, (2) una degenerazione intrinseca del tendine causata da sovraccarico eccentrico, ischemia, invecchiamento o proprietà inferiori dei tessuti, e (3) alterazioni del movimento scapolare o omerale che compromettono i tessuti della cuffia dei rotatori attraverso impingement subacromiale o interno. Sono presenti nei modelli animali evidenze di un eccentrico uso eccessivo, o quest'ultimo combinato con un minore spazio subacromiale disponibile (impingement subacromiale), come fattore risultante nello sviluppo della tendinopatia della cuffia dei rotatori. Tali fattori sono probabilmente di grande interesse per i fisioterapisti, dato che i programmi di riabilitazione sono spesso volti alla correzione della postura o delle deviazioni dei movimenti, ritenute responsabili della riduzione dello spazio

subacromiale o dirette al miglioramento delle proprietà dei tessuti attraverso stretching e rinforzo muscolare. Senza prendere in considerazione l'eziologia iniziale, le deviazioni dei movimenti che compromettono ulteriormente lo spazio subacromiale o che contribuiscono all'impingement interno sono considerati inevitabili in presenza di una tendinopatia della cuffia dei rotatori o del capo lungo del bicipite. Si ritiene che la maggioranza delle lacerazioni alla cuffia dei rotatori sia una progressione di un trauma cumulativo conseguente l'impingement della spalla o una progressiva patologia alla cuffia dei rotatori, piuttosto che una conseguenza di un trauma acuto.

L'instabilità dell'articolazione glenomerale viene generalmente classificata o secondo l'origine in traumatica oppure non traumatica, o in base alla direzione dell'instabilità (anteriore, posteriore, inferiore o multi direzionale). L'instabilità può anche avvenire a causa di un microtrauma, in particolare negli atleti overhead. I disturbi primari possono essere connessi a disfunzione oppure dolore, con un'instabilità di fondo che spesso contribuisce allo sviluppo di un impingement secondario o una tendinopatia della cuffia dei rotatori. La capsulite adesiva, che spesso in origine è idiopatica, può anche contribuire a un impingement secondario o problemi alla cuffia dei rotatori.

È in aumento la letteratura che associa una cinematica scapolo toracica anormale e, in misura minore, una cinematica clavicolare, a una varietà di patologie alla spalla. Le cinematiche scapolari o clavicolari anormali sono state identificate nelle popolazioni con impingement alla spalla, tendinopatia della cuffia dei rotatori, lacerazioni alla cuffia dei rotatori e capsulite adesiva.

3.2.2 Cinematiche scapolari durante l'elevazione del braccio

La posizione della scapola sul torace e il controllo durante il movimento è una componente critica della normale funzione della spalla. Durante l'innalzamento del braccio al di sopra della testa la scapola dovrebbe ruotare verso l'alto e inclinarsi posteriormente sul torace. La rotazione verso l'alto è il movimento scapolo-toracico predominante. Il movimento della scapola per quanto riguarda i cambiamenti nell'angolo della rotazione interna mostra una maggiore variabilità a seconda dei soggetti, delle ricerche, dei piani di elevazione e del punto nel range del movimento di elevazione. Leggeri miglioramenti nella rotazione interna scapolare possono essere normalmente valutati all'inizio del range dell'innalzamento del braccio nell'abduzione piana e nella flessione della spalla. E' generalmente accettato che

l'innalzamento fine-range in soggetti sani implica una certa rotazione esterna scapolo-toracica, anche se sono disponibili solo pochi dati.

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'innalzamento 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. Le "transizioni" scapolo-toraciche di innalzamento/abbassamento e abduzione/adduzione sono state anche tradizionalmente descritte. 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.

In uno studio di Kronberg M et al⁶ fu studiata l'attività muscolare e la coordinazione in 10 spalle di 5 soggetti sani e furono studiate usando l'elettromiografia, registrata durante i movimenti di carico standardizzato, come la flessione, l'estensione, l'abduzione, la rotazione esterna, la rotazione interna a 0 gradi, a 45 gradi, e a 90 gradi di abduzione. L'attività dal sottoscapolare, sovraspinoso, infraspinoso, pettorale maggiore, la parte anteriore, media e posteriore del deltoide, e il latissimus dorsi fu registrata in parallelo. L'attività elettromiografica avveniva simultaneamente nei muscoli che producono il movimento e nei muscoli antagonisti. La coordinazione dovuta alla contrazione dei muscoli ha un ruolo importante nella stabilizzazione dell'articolazione del cingolo scapolare. L'infraspinato, il sottoscapolare e il latissimus dorsi agivano come stabilizzatori durante la flessione, il sottoscapolare agiva come stabilizzatore durante la rotazione esterna e con il sovraspinato durante l'estensione.

Un altro studio di Ebaugh DD et al⁷ si è preoccupato invece di analizzare la cinematica scapolo toracica e gleno-omerale in seguito a un protocollo di resistenza in rotazione esterna.

L'obiettivo di tale studio era determinare l'effetto della fatica muscolare dei rotatori esterni sulla cinematica scapolare e gleno-omerale. I rotatori esterni della spalla sono importanti per la funzione normale della spalla. La performance alterata di questi muscoli è stata osservata in soggetti con impingement ed è possibile che la fatica muscolare dei rotatori esterni porti a un'alterata cinematica del cingolo scapolare. 20 soggetti con storia di dolore alla spalla hanno

partecipato a questo studio. La cinematica scapolo-toracica e gleno-omerale tridimensionale è stata determinata da sensori elettromagnetici attaccati alla scapola, al torace e all'omero. I dati elettromiografici di superfici furono raccolti dal trapezio superiore e inferiore, dal serrato anteriore, dal deltoide anteriore e posteriore, e dal muscolo infrascapolo. Le misure elettromiografiche furono raccolte immediatamente dopo la fine di un protocollo di esercizi di rotazione esterna della spalla. Dopo aver completato il protocollo di resistenza i soggetti dimostrarono meno rotazione esterna dell'omero, avevano meno inclinazione posteriore della scapola nella fase iniziale di elevazione del braccio, più rotazione scapolare verso l'alto e più retrazione clavicolare nella fase mediana di elevazione del braccio. L'esercizio di rotazione esterna determina alterate cinematiche gleno-omerale e scapolo toraciche e si può pertanto affermare che può essere una concausa dell'alterazione cinematica del cingolo scapolare.

Uno studio di Graichen H⁸. et al. si è invece preposto di analizzare quale fosse l'effetto dell'attività muscolare sullo schema di movimento tridimensionale della spalla.

14 volontari sani sono stati controllati con un sistema MRI aperto a una abduzione di 60-120 gradi – con o senza l'attività degli abduttori della spalla. Lo schema di movimento 3D dell'omero, scapola, clavicola e soprascapolo sono stati computerizzati. Con l'attività muscolare, la cavità glenoidea ha dimostrato un'elevazione leggermente ridotta nell'abduzione a 60 gradi (20.5 gradi +/- 8.2 gradi vs. 23.1 gradi +/- 6.3 gradi; non significativo), a 120 gradi un grado di rotazione, in modo significativo, più elevata con l'attività muscolare (43.3 gradi +/- 8.6 gradi vs. 36.1 gradi +/- 5.2 gradi; $p < 0.01$), mentre a 90 gradi non si è riscontrata nessuna differenza. Ciò ha causato una significativa riduzione del ritmo scapolo-omerale a 120 gradi (2.6 vs. 1.5; $p < 0.01$), un significativo aumento dell'angolo del soprascapolo (123.3 gradi +/- 6.7 gradi vs. 117.3 gradi +/- 6.5 gradi; $p < 0.05$) oltre a una riduzione del rapporto soprascapolo-omerale (1.0 vs 0.97). Lo studio dimostra che l'attività muscolare porta a un'alterazione degli schemi del movimento del cingolo scapolare a gradi superiori di abduzione, con un'aumentata rotazione della scapola, con un'alterata relazione spaziale tra il soprascapolo e l'omero e può quindi essere una concausa con l'insorgenza di patologie attribuibili ad alterazioni del cingolo scapolo-omerale.

Uno studio di Ebaugh et al.⁹ si è invece preposto di analizzare il movimento scapolo-toracico durante un movimento attivo-passivo del braccio, e di analizzare i diversi livelli di attività.

A tal proposito uno studio ha analizzato venti soggetti senza aver avuto precedenti traumi. I movimenti scapolo-toracici tridimensionali furono determinati da sensori elettromagnetici attaccati a scapola, torace e omero durante l'innalzamento attivo e passivo del braccio. L'attività muscolare fu registrata da elettrodi di superficie sui muscoli del trapezio superiore

ed inferiore, del serrato anteriore, del deltoide anteriore e posteriore e dell' infraspinato. Le differenze nel movimento scapolo-toracico furono calcolate tra le condizioni di innalzamento del braccio attivo e passivo: Il movimento scapolare fu osservato durante le prove di innalzamento passivo del braccio; tuttavia c'era più rotazione verso l'alto della scapola, rotazione esterna della scapola, retrazione clavicolare ed elevazione clavicolare nella condizione di innalzamento attivo del braccio. Questo era più pronunciato per la rotazione verso l'alto della scapola attraverso il range di mezzo (90-120 gradi) dell'innalzamento del braccio. Ciò porta all'interpretazione che: i muscoli anteriori del trapezio e serrato superiore ed inferiore hanno un ruolo importante nel produrre la rotazione verso l'alto della scapola soprattutto attraverso il range di mezzo dell'innalzamento del braccio. Inoltre, sembra che la tensione passiva e capsulo-ligamentosa del muscolo contribuisca alla mozione scapolo-toracica durante l'innalzamento del braccio. La valutazione dei muscoli anteriori del trapezio e serrato superiore e inferiore e la rotazione verso l'alto della scapola deve far parte di qualsiasi esame della spalla.

Infine è bene riportare uno studio di Timothy j Brindle et al¹⁰, che ha analizzato quale può essere la cinematica scapolo toracica e l'attività elettromiografica dei muscoli del cingolo scapolare quando eseguono movimenti semplici, con però uno stimolo propriocettivo o un feedback visivo.

Sono stati presi 20 soggetti di un'età media di 27.2 anni. Sono state analizzate il raggio di movimento dell'articolazione gleno-omeroale, e la forza dei muscoli scapolari.

I soggetti hanno messo la spalla dritta abdotta di 90° e orizzontalmente addotta di 30°. Il gomito era flesso di 90° con l'avambraccio in posizione neutra. L'avambraccio è stato poi inserito in un apposita ruota per spalle. L'asse di rotazione dell'articolazione glenomerale era visibilmente allineato con l'asse di rotazione della ruota. L'avambraccio era cinto ad una manica imbottita per evitare una sensazione cutanea che potesse condizionare il feedback. La rotazione esterna della ruota è stata fissata a 75° per evitare infortuni. Questo era il punto di partenza per tutti i soggetti e il punto di arrivo è stato fissato a 27°. Sulla ruota sono stati indicati tre punti segnaletici. Il primo coincidente con l'asse di rotazione della ruota, il secondo in posizione verticale rispetto all'asse della ruota e il terzo in posizione coincidente con la mano del soggetto quando questa era posizionata. Un terzo punto di fissaggio mobile è stato posizionato all'altezza del 27° indicando la posizione di arrivo. Questo punto veniva rimosso per non intralciare con la fase di raccolta dati.

Faremo riferimento alle due tipologie distinte di movimento: quelle in cui era incluso il feedback visivo (VF) e quelle in cui il feedback visivo era assente e quindi definite feedback propriocettivo (PF).

Ai soggetti è stato richiesto di muovere l'avambraccio all'interno della ruota dal punto d'inizio al punto d'arrivo sia per le condizioni di VF che di PF.

Una videocamera è stata posizionata parallela all'asse di rotazione della ruota per monitorare l'esercizio mentre un'altra è stata posizionata davanti al soggetto per fornire un'immagine bidimensionale. Durante la fase di PF il monitor è stato coperto per eliminare il feedback visivo.

Ai soggetti è stato richiesto di muovere il braccio in tre velocità distinte (lenta, naturale e veloce) e ponendo l'accuratezza del movimento come dato fondamentale per entrambi il VF e PF. Ogni paziente è stato sottoposto a 48 movimenti ed una pausa è stata concessa ogni 10-20 ripetizioni. Queste pause hanno avuto il fine di limitare la stanchezza fisica e mentale.

In questo studio furono osservati i seguenti risultati:

- -Quando i soggetti provavano a muoversi più velocemente c'erano aumenti significativi nella durata dell'accelerazione, velocità e decelerazione.
- -La fase di correzione degli errori ha dimostrato una riduzione significativa della durata quando aumentava la velocità del movimento.
- -Non c'è stata una differenza significativa tra la velocità di movimento sebbene ci fossero notevoli differenze tra PF e VF. Le attività osservate hanno denotato generalmente durate più brevi per l'attività di EMG per i movimenti di PF e un'attività più spiccata con i movimenti più veloci.
- -Per quanto riguarda l'accuratezza dei movimenti nelle tre fasi (lento, naturale e veloce) abbiamo osservato una certa somiglianza tra i movimenti lento e naturale mentre l'abilità di replicare un movimento nella fase veloce ha denotato significative discrepanze. La capacità di ripetere i movimenti era significativamente più spiccata per i movimenti con VF rispetto a quelli con PF.

Esistono due tipologie di controllo dei movimenti del gomito SI (insensibilità alla velocità) e SS (sensibilità alla velocità).

Possiamo notare da questo studio che quando un soggetto cerca di avvicinarsi quanto più possibile all'obiettivo adotta la strategia SS. Questo fattore ci fa capire come il sistema nervoso centrale utilizzi due tipologie distinte di strategie per muovere le estremità superiori. Si è anche dimostrato come, in assenza della vista, i soggetti utilizzino la strategia SI, anche se non necessariamente i movimenti siano più veloci.

È fondamentale notare come la vista giochi un ruolo fondamentale per la strategia SS.

Oltre all'attività elettromiografica dei muscoli del cingolo, vi è anche uno studio Yamaguchi¹¹ et al che analizza l'attività del bicipite durante il movimento della spalla.

Sono state esaminate le reazioni elettromiografiche di 44 spalle da 30 soggetti. 14 spalle da 13 pazienti presentavano lacerazioni alla cuffia dei rotatori mentre i restanti volontari avevano una normale integrità della cuffia. Le reazioni elettromiografiche sono state registrate dal capo lungo del bicipite, brachioradiale (controllo del gomito), e dal sopraspinato (controllo della spalla). L'attività del bicipite relativa al gomito è stata minimizzata usando un apparecchio che bloccava l'avambraccio in posizione neutra e a 100 gradi di flessione. L'analisi dei dati normali e quella dell'insufficienza della cuffia è stata eseguita in maniera mascherata e l'attività elettromiografia normalizzata come percentuale di massima contrazione muscolare durante 10 movimenti della spalla basati sul piano scapolare. Le spalle normali in tutti i tipi di movimento attivo hanno esibito una significativa attività del sopraspinato (20%-50% massima contrazione muscolare). La reazione ha seguito gli schemi previsti per uno stabilizzatore della spalla. In contrasto, con ogni spalla normale, l'attività del bicipite e del brachioradiale è rimasto insignificante (1.7%-3.6% massima contrazione muscolare) e non ha seguito una reazione schematica. Nei pazienti con lacerazioni alla cuffia dei rotatori, l'attività muscolare è rimasta bassa (1.6%-4.% massima contrazione muscolare). Diversamente dagli studi precedenti su elettromiografia attorno alla spalla, questa prova ha esaminato l'attività bicipitale specifica della spalla rilassando il gomito. Nessun attività bicipitale è stata osservata in nessuna spalla, compreso in quelli di pazienti con lacerazioni alla cuffia dei rotatori.. Nell'ambito di queste scoperte, qualsiasi funzione del capo lungo del bicipite nel movimento della spalla non coinvolge contrazioni attive.

3.2.3 Alterazioni cinematiche scapolari nell'impingement della spalla o nelle patologie della cuffia dei rotatori.

L'impingement della spalla è stato definito come una compressione, abrasione meccanica alle strutture della cuffia dei rotatori non appena passano sotto l'arco coraco acromiale, durante l'elevazione del braccio. I problemi relativi alla cuffia dei rotatori si pensa che siano circa 1/3 della visite per dolore alla spalla. La maggioranza della persone con sindrome da impingement che sono più giovani di 60 anni collegano i loro sintomi alle attività occupazionali o atletiche che coinvolgono un frequente uso del braccio sopra la testa. Ricerche epidemiologiche hanno rivelato una grande prevalenza, dal 16 al 40%, di lamentele

di dolore alla spalla in persone che svolgono particolari attività lavorative: lavoratori che assemblano, lavoratori costruttori, lavoratori dell'acciaio. Una frequente elevazione della spalla a/o oltre i 60 gradi in ogni piano durante i lavori occupazionali è stata identificata come fattore di rischio nelle tendinite della spalla, o dolori della spalla non specificato. L'evidenza collegata a lavoro occupazionale di frequente o sostenuta elevazione della spalla di sintomi muscolo scheletrici della spalla è più forte per un'esposizione combinata a diversi fattori fisici come tenere un martello mentre si lavora sopra alla testa. Esistono diverse teorie per la primaria eziologia del dolore alla spalla, che include l'anormalità anatomica dell'arco acromio-coracoideo, tensione da overuse, ischemia, alterazione della cinematica o lesione dei tendini della cuffia dei rotatori. L'incuranza nell'eziologia iniziale, l'infiammazione nello spazio sopra omerale, l'inibizione dei muscoli della cuffia dei rotatori, il danno dei tendini della cuffia dei rotatori, e l'alterata cinematica si credono peggiorino la condizione. L'impingement si crede sia dovuto all'indeguato spazio per l'apertura dei tendini della cuffia dei rotatori quando il braccio è alzato. Perciò i fattori che minimizzano questo spazio si crede che siano dannosi per la condizione. A tal proposito è bene ricordare che è importante avere un buon rapporto di forza tra i muscoli abduttori ed i muscoli adduttori, poiché influenza notevolmente lo spazio sub-acromiale.

Un altro studio di Hinterwimmer et al¹² ha cercato di capire le influenze delle forze di adduzione e abduzione del muscolo sulla larghezza dello spazio subacromiale. Rinforzare i depressori della spalla è una componente importante nel trattamento della sindrome della cuffia dei rotatori (impingement). Tuttavia, l'effetto quantitativo di alcune forze muscolari sulla larghezza dello spazio subacromiale non è mai stato dimostrato dal vivo. Quindi, lo scopo di questo studio era di analizzare l'influenza delle forze di adduzione e di abduzione del muscolo sulla larghezza dello spazio subacromiale di volontari sani con varie posizioni del braccio.: Le spalle di 12 volontari sani sono state ritratte con un sistema aperto MR a 30 gradi, 60 gradi, 90 gradi, 120 gradi e 150 gradi di innalzamento del braccio durante un'attività muscolare isometrica di adduzione e abduzione (15 N). Dopo la segmentazione e ricostruzione tridimensionale delle strutture anatomicamente pertinenti, le distanze spaziali minime acromion-omerale e clavicolo-omerale sono state quantificate. Le forze di adduzione del muscolo hanno portato a un aumento significativo della distanza acromion-omerale in tutte le posizioni del braccio ($P < 0,01$), che variava dal 32% (30 gradi) fino al 138% (90 gradi) in rapporto alle forze di adduzione del muscolo. La distanza clavicolo-omerale rilevava un aumento dal 9% (30 gradi) fino al 24% (90 gradi), questo aumento era anch'esso significativo dal punto di vista statistico in tutte le posizioni ($P < 0,001$). Durante l'innalzamento del braccio

(30-120 gradi) la larghezza assoluta dello spazio subacromiale è stata ridotta in modo significativo ($P=0,001$), del 30%, con la contrazione isometrica degli adduttori confronto al 53% ($P=0,001$) con l'attivazione degli abduttori. Questo studio dal vivo mostra per la prima volta che le forze di adduzione del muscolo portano al un significativo aumento della larghezza dello spazio subacromiale in confronto all'attività di abduzione del muscolo. In futuro, questa tecnica e questi dati possono essere usati per quantificare obiettivamente l'effetto dei protocolli di fisioterapia concentrati nell'aumentare l'effetto depressore dei muscoli adducenti nel trattamento postoperatoria e conservativa del sindrome impingement della spalla.

I cambi cinematici si pensa che siano presenti in persone con sintomi di impingement e risultino in ulteriori diminuzioni dell'attacco libero del muscolo sopraspinoso o dello spazio sopra-omerale. I movimenti che portano più di tutti la grande tuberosità a stretto contatto con la volta coraco-acromiale sono i più problematici, questi movimenti includono l'eccessiva traslazione anteriore o superiore della testa dell'omero nella fossa glenoidea, un errata rotazione esterna dell'omero, e diminuzione della rotazione scapolare verso l'alto ed una diminuzione del tipping scapolare posteriore che devono essere presenti durante l'elevazione omerale. Questi cambi cinematici si pensa che avvengano in pazienti con sintomi da impingement, in aggiunta le alterazioni cinematiche ipotizzate del movimento scapolare sono state collegate a diminuzioni del muscolo serrato anteriore, a un incremento dell'attività del muscolo trapezio superiore o a uno sbilanciamento tra le forze delle parti superiori e inferiori del muscolo trapezio. La prova per supportare l'esistenza di patterns anormali cinematica o elettromiografici in persone con dolore alla spalla è limitata. L'uso di radiografie bidimensionali o tecniche fluoroscopiche ha mostrato cinematiche anormali in alcuni soggetti con impingement durante l'elevazione omerale. I risultati di queste analisi sono difficili da interpretare a causa della variabilità di diagnosi che esiste nel caso di dolore alla spalla.

Secondo l'articolo di Paula M Ludewing e Jonatha E Reynolds il maggior numero di studi che analizzano le alterazioni cinematiche scapolari sono stati completati nell'area dell'impingement della spalla o delle patologie alla cuffia dei rotatori. Sostanziali variazioni sono presenti negli studi riguardanti la demografia dei soggetti, la presentazione clinica, le metodologie di misurazione, i movimenti delle braccia testati, le descrizioni della cinematica scapolare e le porzioni del range del movimento dove sono state descritte deviazioni. Tuttavia, le deviazioni identificate possono generalmente venire riassunte come presenza o assenza o alterazioni significative nella rotazione scapolare verso l'alto, nell'inclinazione posteriore,

nella rotazione interna, nell'elevazione o retrazione clavicolare, nella simmetria e topografia scapolare, o nel ritmo scapolo-omerale (TABELLA 1).

TABLE 1		INVESTIGATIONS OF ABNORMAL SCAPULAR KINEMATICS DURING HUMERAL ELEVATION IN SUBJECTS WITH SHOULDER IMPINGEMENT OR ROTATOR CUFF TENDINOPATHY		
Investigation	General Methods	Sample	Position Alteration Investigated	Significant Deviation Identified
Werner et al ²²	Moiré topographic analysis	22 controls, 7 with impingement, 17-47 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Scapular asymmetry, increased topography or winging 	<ul style="list-style-type: none"> Increased asymmetry and topography in impingement group
Lukaszewicz et al ²³	Static digitizing, comparisons between groups and sides	20 nonimpaired, 17 with impingement, 25-66 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation Elevation 	<ul style="list-style-type: none"> No significant differences Decreased in the impingement group and side of impingement No significant differences Increased in the impingement group
Ludwig and Cook ²⁴	Electromagnetic surface sensors	26 controls, 26 with impingement, 20-71 years old, males only, overhead construction workers	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation 	<ul style="list-style-type: none"> Decreased in the impingement group Decreased in the impingement group Increased in the impingement group
Graichen et al ²⁵	Supine static MRI, comparisons between groups and sides	14 controls, 14 with unilateral impingement, no full-thickness tear, 22-62 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation 	<ul style="list-style-type: none"> No significant differences
Endo et al ²⁶	Static radiographs, comparisons between sides	27 with unilateral impingement, 41-73 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation 	<ul style="list-style-type: none"> Decreased on the side of impingement Decreased on the side of impingement No significant differences
Hebert et al ²⁴	Optical surface sensors, comparisons between groups and sides	10 healthy, 41 with impingement, 30-60 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation 	<ul style="list-style-type: none"> No significant differences No significant differences Increased on the side of impingement
Su et al ²⁷	Static digital inclinometer, comparisons between groups and before and after swim practice	20 healthy, 20 with impingement, 18-35 years old, both genders, swimmers	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation 	<ul style="list-style-type: none"> Decreased after practice in the impingement group
Mell et al ²²	Electromagnetic surface sensors	15 healthy, 13 with rotator cuff tendinopathy, no full-thickness tears, 30-74 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Scapulohumeral rhythm 	<ul style="list-style-type: none"> No significant differences
McQuire et al ²⁷	Electromagnetic surface sensors	45 controls, 45 with impingement, 24-74 years old, both genders	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation Elevation Retraction 	<ul style="list-style-type: none"> Increased in the impingement group Increased in the impingement group No significant differences Increased in the impingement group Increased in the impingement group
Lin et al ²⁸	Electromagnetic surface sensors	25 controls, 21 with shoulder dysfunction, 27-82 years old, males only	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation Elevation 	<ul style="list-style-type: none"> Decreased in the shoulder dysfunction group Decreased in the shoulder dysfunction group No significant differences Increased in the shoulder dysfunction group
Laudner et al ²⁸	Electromagnetic surface sensors	11 controls, 11 with internal impingement, 18-30 years old, males only, throwers	<ul style="list-style-type: none"> Upward rotation Posterior tilt Internal rotation Elevation Retraction 	<ul style="list-style-type: none"> No significant differences Increased in the internal impingement group No significant differences Increased at higher angles in the internal impingement group No significant differences

Nel complesso, è sostanziale l'evidenza di alterazioni cinematiche scapolari in pazienti con impingement o patologie della cuffia dei rotatori, con l'identificazione di una significativa differenza di gruppo in almeno 1 variabile (TABELLA 1) di 9 degli 11 studi citati.

Tuttavia, sono presenti discrepanze riguardanti la coerenza delle scoperte e della direzione delle deviazioni notate. 4 dei 9 studi con lo scopo specifico di studiare la rotazione verso l'alto durante l'innalzamento del braccio hanno trovato questa rotazione diminuita, 1 ha trovato la rotazione aumentata e negli altri 4 nessuna differenza nei soggetti sintomatici, se confrontati con individui asintomatici. Una maggiore coerenza nelle scoperte è in qualche modo presente per la misurazione dell'inclinazione posteriore della scapola durante l'innalzamento del braccio, dove 4 studi su 7 hanno trovato un'inclinazione posteriore diminuita in soggetti

sintomatici, 2 hanno trovato inclinazioni posteriori aumentate e 1 non ha trovato nessuna differenza significativa. Per la rotazione scapolare interna, solo 2 dei 7 studi hanno trovato un aumento nella rotazione interna in soggetti sintomatici, e i restanti 5 non hanno trovato differenze significative tra gli individui sintomatici e asintomatici.

Scoperte relative all'alterazione dell'elevazione clavicolare o scapolare erano più consistenti negli studi dove l'elevazione aumentava significativamente nei soggetti sintomatici in tutti e 4 gli studi che analizzavano questa variabile. E' stato scoperto che la retrazione clavicolare in soggetti con impingement era aumentata in 1 studio, ma non si è alterata significativamente nell'altro.

L'incapacità di rilevare differenze significative tra gruppi per tutte le variabili costantemente, attraverso le analisi, non stupisce. Le ricerche sono spesso effettuate con limitate dimensioni di campioni, che risultano nel limitato potere statistico per qualche confronto, date le grandi variazioni negli schemi del movimento dei soggetti sani. Le 2 ricerche descritte prima, che non avevano trovato nessuna differenza di gruppo, avevano solo rispettivamente 14 e 13 soggetti con impingement o tendinopatia. Gli studiosi hanno controllato vari piani di innalzamento della spalla, con e senza carico esterno o altri fattori, come la stanchezza. Il metodo di misurazione più comune usa dei sensori per il movimento la cui precisione è urtata dall'artefatto del movimento della pelle. Metodi di risonanza più precisi, come la risonanza magnetica tridimensionale, fino ad ora sono stati limitati a una risonanza statica in posizioni supine, senza il carico normale gravitazionale.

La mancanza di differenze significative tra gruppi inoltre è probabile che sia relazionata alla presunta eziologia multifattoriale di attrito e alle limitazioni di analisi cliniche. Anche se uno afferma che le alterazioni cinematiche scapolari sono uno dei meccanismi definitivi che causano impingement e tendinopatia della cuffia dei rotatori, non è detto che tutti i soggetti in un campione specifico abbiano deviazioni nella posizione o movimento della scapola. In più, alterazioni cinematiche scapolari diverse possono essere presenti in differenti sottogruppi di soggetti. Queste deviazioni dei sottogruppi possono non essere individuate nelle medie del gruppo. Attualmente la presenza, assenza o il tipo di deviazione cinematica scapolare specifica non è ben distinta nel processo di diagnosi clinica inerente ai criteri di inclusione della maggior parte degli studi. In particolare, gli individui con un impingement interno potrebbero avere molte differenti alterazioni cinematiche scapolari, se confrontate con quelle con un attrito subacromiale. Solo un gruppo di studiosi finora ha messo a confronto un piccolo campione di 11 soggetti con impingement interno con un gruppo di controllo di lanciatori, e questo è uno dei 2 studi con scoperte incompatibili riguardo all'inclinazione

posteriore della scapola. Altri studiosi hanno per la maggior parte dedotto che l'impingement del campione di soggetti è subacromiale, ma non hanno criteri identificati per distinguere o escludere l'impingement interno. In più l'impatto di fattori come età, dominio del braccio, sesso e "esposizione" dell'estremità superiore ad attività lavorative o atletiche sulla cinematica scapolare non sono ben capiti e variano sostanzialmente nel corso degli studi. La progressione della tendinopatia alla lacerazione parziale o totale della cuffia dei rotatori è considerato un continuum del processo di malattia. Nonostante la maggior parte degli studi tenti di escludere la lacerazione totale basata sul controllo clinico, solo 2 ricerche hanno usato metodi a risonanza per escludere dai loro campioni studiati i soggetti con una lacerazione totale della cuffia dei rotatori. Nessuno studio ha utilizzato metodi diagnostici in grado di escludere lacerazioni parziali della cuffia.

Uno studio da Paula M. Ludewing e Thomas Cook¹³ si è preoccupato di analizzare le alterazioni della cinematica della spalla e associata attività muscolare in persone con sindrome da impingement.

Il trattamento di pazienti con sindrome da impingement comunemente include esercizi tesi a ristabilire i normali patterns del movimento. La prova che provoca l'esistenza di patterns anormali in persone con sindrome da impingement è limitato e lo scopo di questa investigazione era investigare la cinematica gleno omerale e scapolo toracica e paragonare l'attività dei muscoli scapolo toracici in un gruppo di soggetti con sintomi di impingement relativo con un gruppo di soggetti senza sintomi di impingement paragonati per esposizione lavorativa a lavoro sopra la testa.

52 soggetti sono stati selezionati da una popolazione di lavoratori costruttori con un'esposizione quotidiana a movimenti sopra la testa

Dati EMG sono stati presi da parti superiori e inferiori del muscolo trapezio e del muscolo serrato anteriore. I sensori elettromagnetici simultaneamente tracciano un movimento tridimensionale del tronco, della scapola e dell'omero durante l'elevazione omerale nel piano scapolare in 3 condizioni di peso: senza peso, da 2 a 3 kg, da 4 a 6kg.

Rispetto al gruppo senza impingement il gruppo con impingement mostra una diminuita rotazione scapolare verso l'alto alla fine delle prime tre fasi di interesse, un incrementato tipping anteriore alla fine della terza fase del movimento e un incrementata rotazione mediale scapolare sotto le condizioni di peso. Allo stesso tempo l'attività EMG del trapezio inferiore e superiore è incrementata nel gruppo con impingement rispetto al gruppo senza impingement nelle 2 fasi finali sebbene i cambiamenti del muscolo trapezio inferiore siano apparentemente

solo durante le condizioni di peso di 4-6 kg. il muscolo serrato anteriore dimostra un attività diminuita nel gruppo con impingement attraverso tutti i pesi e in tutte le fasi.

Il tipping scapolare, rotazione dall'asse mediale all'asse laterale e la funzione del muscolo serrato anteriore sono importanti da considerare nella riabilitazione di pz con sintomi da impingement relativamente a lavoratori che svolgono quotidianamente lavoro sopra alla testa.

I soggetti con impingement dimostrano meno tipping posteriore della scapola a 90° e alla massima elevazione comparati con soggetti senza impingement, inoltre un asimmetria scapolo toracica o patterns anormali scapolari durante una flessione eccentrica del braccio con 4,5 kg in ogni mano sono riportati in un piccolo gruppo di soggetti con sindrome da impingement. Il trattamento conservativo di pz con sindrome da impingement comunemente include programmi di esercizi volti a restaurare la normale attività dei muscoli e la normale cinematica, in particolare il controllo scapolare è diventato un focus di intervento terapeutico. A causa di limitati dati scientifici dai quali designare programmi di esercizi, questi programmi spesso variano grandemente. Sebbene studi precedenti abbiano apportato importanti contributi questi sono falsati da analisi statiche a due dimensioni, una mancanza di controllo per i movimenti sopra la testa con e senza sintomi di impingement, piccoli campioni o altre limitazioni metodologiche.

Uno studio di Bryan T Kelly et al¹⁴ ha inoltre analizzato quali fossero i diversi patterns di attivazione muscolare in pazienti con lacerazioni sintomatiche ed asintomatiche della cuffia dei rotatori.

I pazienti con lesioni alla cuffia dei rotatori presentano gradi variabili di espressione del sintomo. Il nostro scopo era quello di valutare i pattern di attivazione della cuffia dei rotatori, del deltoide e dei gruppi di muscoli stabilizzatori a livello scapolare, in soggetti normali di controllo e in pazienti con lesioni sintomatiche e asintomatiche di due tendini della cuffia dei rotatori.

Diciotto soggetti sono stati oggetto di valutazione: sei soggetti normali e 12 con lesioni a 2 tendini della cuffia (di cui sei asintomatici e 6 sintomatici). Tutti i pazienti sono stati sottoposti a risonanze magnetiche (magnetic resonance imaging - MRI) che ci hanno permesso di documentare le configurazioni delle lesioni superoposteriori che comprendevano i tendini supraspinatus e infraspinatus; tutti i soggetti normali sono stati sottoposti ad esami ad ultrasuoni che hanno confermato l'assenza patologie alla cuffia.

I soggetti sono stati raggruppati sulla base dell'esame eseguito sulla spalla e sui risultati dei questionari a loro sottoposti. Soggetti asintomatici presentavano un dolore minimo (<3 sulla scala analogica visuale e nessuna perdita di range di movimento se confrontata con la parte

contralaterale); pazienti sintomatici presentavano un livello di dolore superiore a 3 sulla scala analogica visuale e un range di movimento ridotto se confrontato con la parte contralaterale ($\square > 10^\circ$ di perdita di movimento). L'attività elettromiografica di 12 muscoli e i dati cinematici sono stati raccolti simultaneamente durante l'esecuzione di 10 compiti funzionali. Sia i soggetti sintomatici che quelli asintomatici con lesioni alla cuffia hanno mostrato una tendenza verso una maggiore attivazione muscolare durante l'esecuzione di tutte le azioni, se paragonata con soggetti normali. Durante la rotazione interna, i pazienti asintomatici presentavano un'attività subscapolare più elevata ($P < \square .05$) rispetto ai pazienti asintomatici (contrazione volontaria massimale del 65% [MVC-maximal voluntary contraction] vs 42% MVC). Durante il trasporto i pazienti asintomatici hanno presentato un'attivazione del trapezio superiore ($P < \square .03$) significativamente minore rispetto ai pazienti sintomatici (16% MVC vs 50% MVC). Durante le azioni di innalzamento della spalla, i pazienti sintomatici presentavano un'attivazione del supraspinatus (52% MVC vs 28% MVC, $P \square < .03$), dell'infraspinatus (32% MVC vs 16% MVC, $P < \square .05$), del trapezio superiore (39% MVC vs 20% MVC, $P \square < .04$) significativamente superiore rispetto ai pazienti sintomatici. Durante l'innalzamento con carico pesante, pazienti asintomatici hanno presentato una tendenza verso un'attivazione maggiore del subscapularis ($P \square < .06$) rispetto ai pazienti sintomatici (34% MVC vs 21% MVC).

I pattern di attivazione per i muscoli differenziali in pazienti con patologia della cuffia dei rotatori potrebbero giocare un ruolo nella presenza o assenza di sintomi. Soggetti asintomatici hanno presentato un'attivazione incrementata del subscapularis intatto, mentre i soggetti sintomatici hanno continuato ad affidarsi ai tendini lesionati della cuffia dei rotatori e alla sostituzione muscolare periscapolare, ottenendo pertanto un funzionamento compromesso.

Le lesioni alla cuffia dei rotatori continuano ad essere un problema clinico di rilevante importanza. Alcuni pazienti con lesioni alla cuffia sono in grado di sollevare l'estremità coinvolta, altri pazienti, con lo stesso infortunio alla cuffia dei rotatori, non sono in grado di usare il braccio affetto da tale patologia in maniera efficiente. Rimane, peraltro, la controversia relativa al trattamento appropriato da applicare per curare le lesioni alla cuffia dei rotatori. Una migliore comprensione delle alterazioni funzionali associate alla patologia della cuffia dei rotatori potrebbe permettere una migliore selezione del trattamento da applicare. Ad oggi, non esistono studi in cui siano state delineate le differenze presenti nei pattern di attivazione muscolare in soggetti sintomatici e asintomatici con lesioni alla cuffia dei rotatori. Una comprensione del grado in cui i pattern di attività muscolari sono anormali avrà importanti implicazioni cliniche per il trattamento e la riabilitazione della cuffia dei

rotatori. Lo scopo di questo studio era di documentare i pattern elettromiografici (EMG) di muscoli della spalla in soggetti normali di controllo e in due gruppi di soggetti che presentavano lesioni a 2 tendini (supraspinatus e infraspinatus) della cuffia dei rotatori (di cui un gruppo sintomatico e un gruppo asintomatico) I pattern EMG sono stati rilevati durante compiti funzionali derivati da strumenti standardizzati di esame che godono dell'accordo e del riconoscimento di ortopedici e ricercatori.

Due ipotesi sono state oggetto di studio. In primis, esistono differenze nei pattern di attivazione muscolare tra soggetti sintomatici e asintomatici con lesioni a due tendini della cuffia dei rotatori, durante l'esecuzione di compiti funzionali derivati da strumenti di esame standard. In secondo luogo, esistono differenze nei pattern di attivazione e nella cinematica della spalla tra pazienti con lesioni sintomatiche alla cuffia dei rotatori e in pazienti con lesioni asintomatiche alla cuffia dei rotatori approssimativamente della stessa dimensione.

tale studio ha ottenuto i seguenti risultati:

Dati obiettivi.

L'età media era di 45 anni \pm 4,2 per i soggetti normali di controllo, 65,3 \pm 6,3 per soggetti asintomatici e di 64,8 \pm 11,2 anni per soggetti sintomatici. L'innalzamento verso il piano scapolare è stato misurato con un goniometro. L'elevazione attiva media era di 174,2° \pm 3,8° per soggetti normali di controllo, 168,3° \pm 4,1° per soggetti asintomatici, e 120,8° \pm 20,6° per soggetti sintomatici.

E' stata effettuata un'analisi accurata della storia clinica e della presentazione dei pazienti sia nei gruppi sintomatici che in quelli asintomatici. Nel gruppo asintomatico, 4 su 6 pazienti hanno negato di conoscere un evento specifico che ha portato al loro dolore iniziale alla spalla; 2 su 6 pazienti hanno invece riportato un evento traumatico.

In tutti i casi, i sintomi sono stati alleviati con terapia fisiologica. Nel gruppo sintomatico 3 su 6 pazienti hanno negato di aver avuto un evento scatenante specifico, 2 pazienti hanno riportato un dolore cronico alla spalla (acuto / cronico) 1 paziente ha riportato un singolo evento acuto. La terapia fisica non ha alleviato i sintomi di questi pazienti, e l'intervento chirurgico è stato effettuato dopo un minimo di 3 mesi di gestione non chirurgica. Lo Screening dei dati radiografici non ha mostrato dei cambiamenti degenerativi nei soggetti normali di controllo. Esami ad ultrasuoni effettuati sui soggetti di controllo hanno confermato l'assenza di lesioni alla cuffia dei rotatori

Sia per i soggetti sintomatici che per quelli asintomatici, i risultati dell'MRI hanno mostrato pattern paragonabili di lesioni superoposteriori che comprendevano i tendini supraspinatus

and infraspinatus. Un paziente in ciascuno dei due gruppi ha presentato cambiamenti degenerativi nelle fibre superiori del tendine del subscapularis senza tuttavia presentare un distacco. In un paziente del gruppo asintomatico è stata rilevata una degenerazione adiposa e un'atrofia muscolare (muscoli supraspinatus e infraspinatus) e in 2 pazienti del gruppo sintomatico (teres minor e infraspinatus). Non è stata rilevata degenerazione adiposa o atrofia muscolare nei muscoli subscapularis in nessuno dei due gruppi.

L'articolazione Acromioclaviculare e l'artrosi dell'articolazione glomerale era presente in tre pazienti del gruppo asintomatico e in due pazienti del gruppo sintomatico. Non sono state notate differenze dimostrabili riguardo l'ipertrofia o alla rottura dei bicipiti, ritrazione dei tendini, misura della lesione o , centering omerale.

Dati soggettivi

Il VAS per il dolore alla spalla è stato valutato per tutti i pazienti. Tutti i soggetti normali hanno valutato il loro VAS 0. La media VAS per pazienti sintomatici era 1.3 ± 1.5 , e la media VAS per pazienti sintomatici era 4.5 ± 1.9 . I risultati dei questionari soggettivi sulla spalla, grazie all'utilizzo di misurazioni ripetute ANOVA, hanno dimostrato differenze significative tra tutti i tre gruppi rispetto a l'indice "Insalata and Shoulder Score Index" (punteggio calcolato del modulo 30 di valutazione della spalla redatto da American Shoulder and Elbow Surgeons) ($P \leq .05$). Le differenze più rilevanti riguardavano i soggetti di controllo e i soggetti sintomatici. Tutti i soggetti di controllo hanno ottenuto punteggi perfetti in entrambi i questionari (100 punti): I soggetti asintomatici hanno ottenuto 86.23 ± 12.02 nel questionario Insalata shoulder e 87.78 ± 14.29 nell'indice Shoulder Score. Il gruppo sintomatico hanno raggiunto un punteggio medio 48.07 ± 12.62 per il questionario sulla spalla Insalata e 52.78 ± 16.11 per l'indice Shoulder Score.

I punteggi relativi al dolore hanno presentato le maggiori differenze tra i gruppi. Per il test semplice della spalla (valutato 1-12), i pazienti sintomatici hanno ottenuto un punteggio significativamente minore (7.17 ± 2.48) rispetto agli altri due gruppi ($P \leq .05$). Non è stata rilevata differenza tra i pazienti asintomatici e ($11.5 \pm .55$) e i soggetti normali (12).

Dati EMG

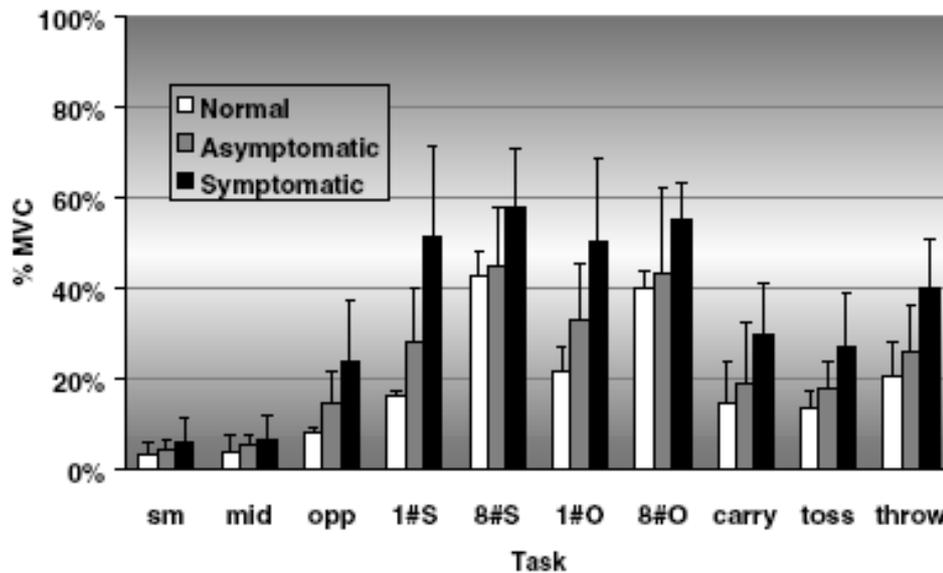


Figure 1 Supraspinatus muscle activation during all tasks. Internal rotation tasks: reach to small of back (*sm*) and wash middle of back (*mid*). Elevation tasks: wash back of opposite shoulder (*opp*), lift 1 lb to shoulder level (*1#S*), lift 8 lb to shoulder level (*8#S*), place 1 lb on an overhead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

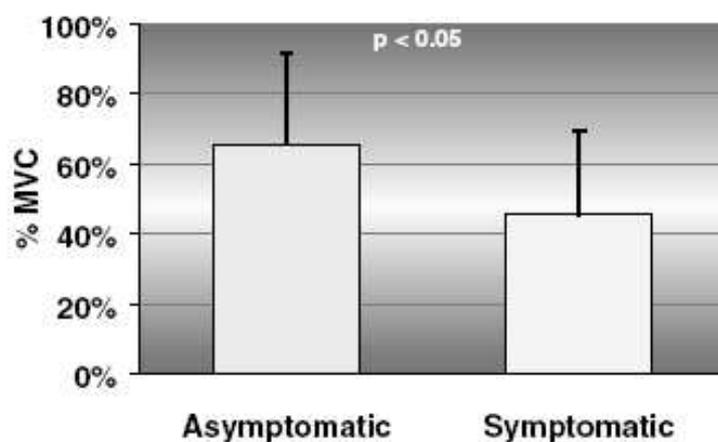


Figure 2 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the subscapularis muscle during the activity of reaching behind the back.

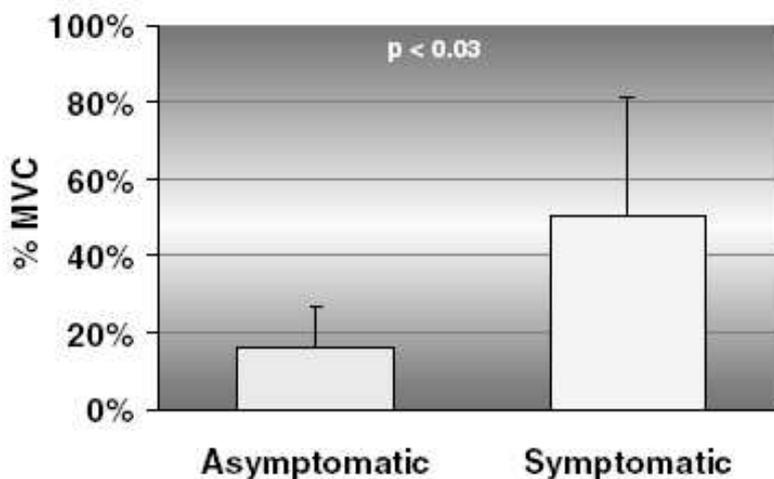


Figure 3 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the upper trapezius muscle during the activity of carrying a 20-lb weight at the side.

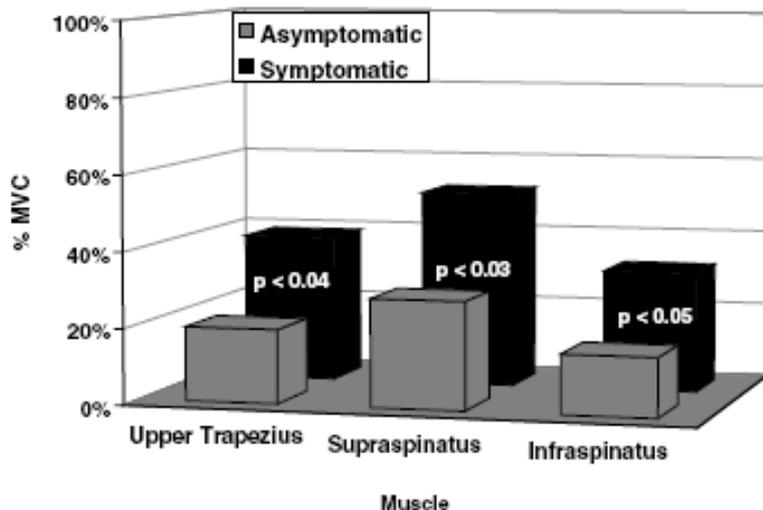


Figure 4 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the supraspinatus, infraspinatus, and upper trapezius muscles during the activity of shoulder elevation.

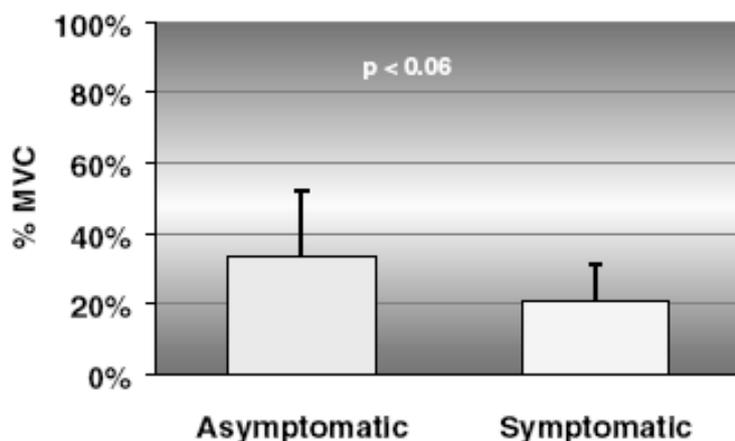


Figure 5 Comparison of asymptomatic and symptomatic cuff tear patients with regard to %MVC muscle activity of the subscapularis muscle during the activity of heavy lifting.

I dati dell'EMG hanno mostrato un trend verso un incremento dell'attivazione muscolare sia nei pazienti sintomatici che in quelli asintomatici, se confrontati con i soggetti normali. Questo pattern rappresentativo viene presentato nella figura 1 per il supraspinatus. Durante i compiti di rotazione interna (raggiungere un punto dietro la schiena sul lato omolaterale, i pazienti asintomatici hanno presentato una maggiore ($P \leq .05$) attività del subscapularis rispetto ai pazienti sintomatici (65% MVC vs 42% MVC). Durante le azioni di trasporto (ad es. trasporto di un carico di 20-lb con il braccio affetto sospeso sul lato, soggetti asintomatici hanno presentato un'attività significativamente minore ($P \leq .03$) del trapezio superiore rispetto ai pazienti sintomatici (16% MVC vs 50% MVC). Durante compiti di innalzamento

muscolare (Figura 4), i soggetti sintomatici hanno presentato un'attività del supraspinatus (52% MVC vs 28% MVC, $P \leq .03$), infraspinatus (32% MVC vs 16% MVC $p < 0.5$) del trapezio superiore (39% MVC vs 20% MVC, $p < 0.4$) rispetto ai soggetti asintomatici.

Durante innalzamento di carico pesante di 8 lb (figura 5) i soggetti asintomatici hanno mostrato un trend verso un incremento dell'attivazione ($p < 0.6$) del subscapularis se confrontato con i soggetti sintomatici (34% MVC vs 21% MVC). Non sono state identificate ulteriori differenze statistiche relative ai restanti gruppi di muscoli e in relazione ai rimanenti compiti da eseguire nel numero di soggetti disponibili per ciascun gruppo.

I disturbi alla cuffia dei rotatori costituiscono una causa frequente del dolore alla spalla e della perdita di funzionalità. Questi disturbi colpiscono pazienti di tutte le età e sono associati ad un numero significativo di infortuni legati all'attività sportiva. La prevalenza di lesioni totali e parziali alla cuffia dei rotatori varia dal 5% a 39% e dal 13% al 37%, rispettivamente. La capacità di alcuni pazienti con patologia alla cuffia dei rotatori a compensare adeguatamente viene spesso riscontrata, tuttavia, altri pazienti non riescono a fare altrettanto. Questo fenomeno non è sufficientemente compreso dalla comunità scientifica.

Yamaguchi et al hanno dimostrato che le lesioni asintomatiche alla cuffia dei rotatori di un certo numero di soggetti (che presentavano inoltre una lesione sintomatica controlaterale della cuffia dei rotatori) potrebbero diventare sintomatiche.

Ci sono pazienti con lesioni rilevanti ed estese della cuffia dei rotatori che non mostrano dolori o disabilità significativi. Hawkins and Dunlop hanno dimostrato che alcuni individui con lesioni sintomatiche rispondono bene al trattamento non chirurgico. E' stato ipotizzato che questo sia dovuto alla tolleranza variabile al dolore, alle differenze individuali nella meccanica scapolare e all'azione compensatoria dei muscoli circostanti. Secondo Burkhart et al anche una cuffia dei rotatori insufficiente a livello anatomico ma intatta a livello biomeccanico, (in cui è rilevante la posizione della lesione e non tanto la sua grandezza) potrebbe giocare un ruolo in tutto ciò.

La presentazione clinica e il decorso dei pazienti con patologia della cuffia dei rotatori può variare significativamente tra individui con lesioni pressoché identiche. La presenza di lesioni in individui asintomatici solleva ulteriori quesiti sulle diagnosi e sui trattamenti così come sulle cause dei sintomi e della disabilità.

L'analisi funzionale della cuffia dei rotatori e la storia clinica delle lesioni alla cuffia dei rotatori verranno ulteriormente chiarito grazie a tentativi costanti di ricerca in tal senso.

Dal lavoro pionieristico di Inman et al nel 1944, i quesiti relativi al funzionamento dei muscoli della spalla normali e patologici sono stati affrontati con l'analisi emg.

L'analisi del movimento e la valutazione dell'emg sono stati usati per valutare la forza e il condizionamento nei programmi di riabilitazione, così come per analizzare l'attivazione e il coordinamento muscolare durante attività sportive.

Inoltre, queste tecniche sono state utilizzate per analizzare pazienti con disturbi muscoloscheletrici e neuromuscolari con il fine di aiutare il medico curante nella formulazione della diagnosi e del trattamento.

In questo studio sono stati utilizzati l'analisi del movimento e l'emg per determinare le differenze nell'attivazione muscolare e nella cinematica della spalla tra pazienti asintomatici con lesioni a 2 tendini (supraspinatus e infraspinatus) della cuffia dei rotatori e pazienti sintomatici con pattern di lesioni simili o patologia associata rilevata nella MRI.

I nostri risultati forniscono una comprensione maggiormente dettagliata della patologia-meccanica di queste lesioni alla cuffia e aiutano nella comprensione del grado in cui i pattern di attività muscolare differiscono tra pazienti sintomatici e asintomatici. Ci si augura che i risultati avranno implicazioni cliniche importanti per il trattamento e per la riabilitazione di pazienti con questo tipo di lesioni, come una maggiore attenzione al rinforzo del subscapularis nelle lesioni a 2 tendini che comprendono i tendini supraspinatus e infraspinatus. I questionari soggettivi utilizzati in questo studio hanno mostrato accuratamente le differenze esistenti tra i gruppi oggetto di analisi sull'esame fisico e durante l'EMG e l'esame cinematica.

I risultati di questo studio hanno sostenuto la nostra prima ipotesi, dimostrando che i pazienti con lesioni alla cuffia dei rotatori (sia sintomatiche che asintomatiche) presentavano un tendenza ad un aumento dell'attività EMG durante i compiti funzionali oggetto dei test. Anche la nostra seconda ipotesi è sostenuta dai risultati dello studio. Come abbiamo visto, sulla base di misurazioni ANOVA ripetute e test post hoc, sono state rilevate significative differenze tra i pazienti sintomatici e non, in relazione ai pattern di attivazione dei muscoli della spalla. Queste differenze sono state osservate durante la rotazione interna, il trasporto e durante l'innalzamento. Nel raggiungere un punto dietro la schiena, i soggetti asintomatici hanno mostrato una maggiore attivazione del muscolo subscapolare rispetto ai pazienti sintomatici.

Questo risultato sostiene la conclusione secondo la quale i pazienti sintomatici non riescono ad attivare il subscapularis intatto in maniera appropriata durante questo movimento.

Durante il trasporto i pazienti sintomatici hanno presentato una maggiore attivazione del muscolo del trapezio superiore rispetto ai soggetti asintomatici. Quest'attivazione esagerata del trapezio superiore risulta avvenire quando il paziente sintomatico prova a ruotare la scapola ad un grado maggiore per aiutare nell'innalzamento.

Durante l'innalzamento della spalla con 8 lb, soggetti asintomatici hanno mostrato una tendenza verso un'attivazione incrementata del subscapularis rispetto ai pazienti sintomatici. Questo suggerisce che i pazienti sintomatici non sono in grado di usare il muscolo subscapularis intatto in maniera efficace come co-contrattore durante manovre di innalzamento con carichi pesanti.

Pazienti sintomatici hanno mostrato un maggiore attivazione del supraspinatus, infraspinatus e del trapezio superiore durante l'innalzamento dello spalla rispetto ai pazienti asintomatici. Sulla base di questo risultato, concludiamo che i pazienti sintomatici continuano ad attivare, paradossalmente, i tendini lesionati della cuffia dei rotatori e sono forzati ad affidarsi alla sostituzione muscolare periscapolare durante manovre di innalzamento, il che ha come risultato un funzionamento compromesso

Un altro studio di¹⁵Steenbrink et al ha analizzato l'attività EMG muscolare dei pazienti con lesione di cuffia, con e senza anestetici sottoacromiali.

L'obiettivo di questo studio è stato quello di misurare la coordinazione dei muscoli della spalla in pazienti con strappi alla cuffia dei rotatori, prendendo anche in considerazione gli effetti della riduzione del dolore tramite anestetici sottocromali.

Nello specifico sono stati sottoposti al test 10 pazienti, la cui età media era di 61 anni e di cui 6 erano femmine e 4 uomini. Gli strappi erano stati provati con RMI. Ai pazienti è stato richiesto di esercitare sforzi isometrici in 24 intervalli equidistanti in un piano perpendicolare all'omero. La direzione della massima attivazione muscolare o la principale azione di sei muscoli, e anche lo sforzo esterno, sono state identificate prima e dopo la somministrazione dell'anestetico sottocromale, per mezzo dell'EMG.

L'iniezione di lidocaina sottoacromiale ha portato ad una riduzione significativa del dolore sebbene alcuni pazienti continuassero a provare dolore dopo il trattamento. Uno dei pazienti non ha tratto alcun beneficio dall'iniezione mentre un altro ha riportato una diminuzione del dolore ed un aumento della forza, senza alcun cambiamento nell'azione principale. Gli altri otto pazienti hanno mostrato un pattern di azione patologica del muscolo nella quale uno o più muscoli abduttori ha mostrato un'azione principale nel movimento di ascensione e abduzione quindi reagendo agli effetti meccanici mirati.

Le forze esterne sono aumentate significativamente dopo l'iniezione sottocromale di lidocaina nei pazienti con lesione alla cuffia dei rotatori nonostante le forze assenti del sopraspinato. L'iniezione ha portato cambiamenti nell'azione principale ma non per tutti i soggetti e quindi non significativi per tutti i pazienti.

I risultati dei movimenti sono stati così osservati:

- Nessun cambiamento: l'azione del paziente era uguale a prima della terapia, e nessun cambiamento è stato osservato dopo l'iniezione di lidocaina.
- Ritorno alla normalità: un'azione principale deviante sopra i 90° è stata osservata quando confrontata al normale, che ritornava alla normalità dopo l'iniezione di lidocaina. Dopo 10 minuti dalla riduzione del dolore i pazienti riuscivano a cambiare i loro pattern di attivazione.
- Deviazione persistente: un'azione principale deviante dopo i 90° gradi, persistente dopo l'iniezione di lidocaina. Le motivazioni sono state identificate con il fatto che i pazienti fossero ancora sensibili alla traslazione glomerale ascendente dopo la soppressione del dolore o che non fossero in grado di ristabilire il loro pattern di attivazione in breve tempo.

L'assenza del fattore chiave in questo meccanismo spiega le limitazioni osservate nella forza del braccio e nell'elevazione massima dell'arto in quei pazienti che soffrono di patologie sottoacromiali. Il camuffare questo dolore tramite iniezioni potrebbe condurre ad ulteriori deterioramenti nei tessuti sottocromiali come risultato di migrazioni della testa dell'omero e successivi urti di tessuti causati da forze dirette alla cavità glenoidea del muscolo sopraspinato, e la compensazione per la perdita dell'adduzione rotatoria del deltoide conduce a forze destabilizzanti nell'articolazione gleno-omerale, con successive traslazione ascendente della testa dell'omero e dolore. Per ridurre la forza di traslazione superiore, gli adduttori dell'arto verranno co-attivati con la forza dell'arto e con l'adduzione del movimento rotatorio. Uno studio di Kawamoto S.¹⁶ Si è invece preoccupato di analizzare quale fosse l'attività elettromiografica associata a lesione della cuffia dei rotatori.

Per determinare la condizione patofisiologica di una lesione della cuffia dei rotatori, 23 casi sono stati osservati usando un elettromiogramma dei muscoli della spalla durante un'elevazione del braccio. La correlazione tra il potenziale di azione di questi muscoli e l'angolo del braccio fu analizzato usando un computer in modo da identificare lo schema di attivazione. Lo schema dell'elettromiogramma del lato interessato con l'abilità di alzare il braccio sopra i 90° fu simile a quello del lato sano. Furono viste delle differenze tra i due lati, soprattutto nell'attività elettromiografica del deltoide, del trapezio e del sopraspinato ed è stato inoltre osservato che queste differenze scomparivano in quei pazienti che dopo l'intervento chirurgico riuscivano ad alzare il braccio sopra i 90. Sembrò che la restrizione del movimento dovuto a lesione della cuffia dei rotatori causasse alterazioni nella coordinazione

dell'attività muscolare, e questo fenomeno ci permette anche di capire meglio il ritmo scapolo omerale.

In caso di lesione della cuffia dei rotatori è inoltre opportuno sottolineare la funzione depressoria del capo lungo del bicipite, come dimostra uno studio di Kido T. et al.¹⁷

È stata esaminata l'attività dei bicipiti di 18 pazienti (19 spalle) con lesioni alla cuffia dei rotatori. L'età media era 59 anni. Un'altra serie di 18 pazienti (19 spalle) con cuffia dei rotatori normale, come rilevato dal MRI, ha funzionato come gruppo di controllo. La loro età media era di 55 anni. Un tutore è stato impiegato per mantenere la contrazione del bicipite durante l'innalzamento. Sono state fatte radiografie antero-posteriori con il braccio alzato a 0 gradi, 45 gradi e 90 gradi con o senza la contrazione del bicipite. La distanza tra il centro del capo omerale e la cavità glenoidea è stata confrontata nei due gruppi. Abbiamo scoperto che nel gruppo con le lacerazioni c'era una migrazione prossimale del capo dell'omero significativamente maggiore ad un'elevazione di 0 gradi e 45 gradi senza la contrazione del bicipite, e avveniva invece una depressione del capo omerale a 0 gradi, 45 gradi e 90 gradi quando il bicipite stava lavorando. Concludiamo che il bicipite è un depressore attivo del capo omerale nelle spalle con lesioni alla cuffia dei rotatori

3.2.4 Stabilità e instabilità dell'articolazione gleno omerale: il ruolo dei muscoli della spalla

I muscoli della spalla contribuiscono sia alla stabilità che alla mobilità dell'articolazione gleno omerale. Per migliorare i trattamenti per l'instabilità della spalla è bene focalizzare l'attenzione sul contributo dei muscoli della spalla per la stabilità dell'articolazione gleno omerale nelle posizioni clinicamente rilevanti. Sono usati sia il modello computazionale che quello sperimentale. Il modello computazionale dell'articolazione gleno omerale quantifica la stabilità fornita da forze attive muscolari sia in posizioni di medio range sia in posizioni di fine range. Confrontate con le posizioni di medio range, la risultante forza dell'articolazione alle posizioni di fine range è più diretta anteriormente ad indicare che il suo contributo alla stabilità dell'articolazione gleno omerale è diminuito. Nelle posizioni di fine range gli aumenti simulati nei muscoli della cuffia dei rotatori tendono a migliorare la stabilità, mentre gli aumenti del muscolo deltoide o del grande pettorale tendono a diminuire la stabilità. Per confermare tali dati il modello cadaverico, simulando i muscoli della spalla, è usato per quantificare la stabilità gleno omerale. Quando l'attività del muscolo infrascapolo diminuisce, diminuiscono le forze di compressione, quando l'attività del grande pettorale aumenta le forze

dirette anteriormente aumentano. Se aumentano le forze diretta anteriormente o diminuiscono le forze compressive, diminuisce la stabilità dell'articolazione gleno omerale. Questo modello cadaverico è allora usato per valutare l'effetto di posinare l'articolazione nella posizione d'arresto dell'adduzione, dell'adduzione orizzontale e della rotazione esterna. D'accordo con i dati del nostro modello computazionale il posizionare l'apprensione incrementa le forze dirette anteriormente. La conoscenza derivata da questi modelli è dunque usata per sviluppare un modello cadaverico di dislocazione gleno omerale. La dislocazione deriva da un meccanismo di posizionamento, una pressione energica quando gli appropriati muscoli della spalla sono simulati ed è incluso un grande pettorale passivo. Le lesioni capsulo labrali risultano essere simili a quelle osservate in vivo. Le forze muscolari della spalla sono solitamente potenti stabilizzatori dell'articolazione gleno omerale, specialmente nelle posizioni di medio range quando gli stabilizzatori passivi sono rilassati. Comunque le forze muscolari possono anche contribuire all'instabilità, certamente le forze muscolari contribuiscono all'instabilità dell'articolazione gleno omerale nelle posizioni di fine range. Noi troviamo che questo sia il caso sia con le forze attive che passive del grande pettorale.

Solitamente i muscoli della spalla muovono e stabilizzano i muscoli della spalla, comunque con alcune attività atletiche svolte sopra la testa ed alcune attività manuali gli individui posizionano l'articolazione gleno omerale ad un estremo range di movimento che potrebbe compromettere la capacità dei muscoli della spalla di stabilizzare l'articolazione. L'idea che le forze muscolari potrebbero contribuire all'instabilità è insolita e nuova. I nostri modelli rilevano che sia le maggiori forze attive che passive potrebbero contribuire all'instabilità dell'articolazione gleno omerale. Migliorata la comprensione del contributo delle forze muscolari sia alla stabilità che all'instabilità potrebbero migliorare i trattamenti non solo per l'instabilità della spalla ma anche per altre articolazioni del corpo.

I muscoli potrebbero contribuire alla dislocazione dell'articolazione gleno omerale e all'instabilità della spalla. L'instabilità articolare è una delle principali patologie del corpo umano, che affligge non solo il ginocchio, l'anca o la spalla, ma tutte le altre articolazioni del nostro corpo. La riparazione chirurgica per ridurre l'instabilità capita comunemente, ancora non è però stata capace di ristabilire la funzione. Il dolore, il ritorno dell'instabilità, la rigidità, il danno muscolare, il danno degenerativo dell'articolazione, sono tutti postumi troppo comuni, perché l'articolazione gleno omerale è troppo spesso dislocata. Gli sforzi sono stati diretti per capire l'instabilità della spalla. Lo studio ha incluso non solo le limitazioni statiche, capsulo labrali, le superfici articolari, la pressione intercapsulare, ma anche le importanti alterazioni con le alterazioni dinamiche. Inoltre non solo sono studiati i muscoli che si sa

stabilizzano la spalla ma anche che potrebbero aver contribuito alla dislocazione, e in vitro è stato sviluppato il modello cadaverico che include i rilevanti muscoli della spalla e un meccanismo di dislocazione simile a un meccanismo in vivo. È studiata la patoanatomia capsulo-labrale che avviene dopo la dislocazione, un aumento della compressione della dislocazione dell'articolazione potrebbe sviluppare risultati funzionali dopo la riabilitazione e la riparazione chirurgica, non solo alla spalla ma anche a tutte le altre articolazioni.

Per quanto riguarda la stabilità dell' articolazione della spalla è molto importante ricordare, come testimoniano gli studi, il ruolo del sottoscapolare e del tra pezio inferiore.

Uno studio di Werner CM¹⁸ et al mira ad analizzare il ruolo del sottoscapolare nella prevenzione della sublussazione gleno-omeroale anteriore. Le pubblicazioni recenti suggeriscono che il muscolo subscapolare è il principale stabilizzatore attivo quando l'omero è abdotto e ruotato esternamente. Il trattamento conservativo dell'instabilità della spalla anteriore quindi mira al rinforzo di questo muscolo. Modelli empirici, tuttavia, hanno discusso il ruolo del muscolo sottoscapolare perché si è notato che esso può potenzialmente sostenere la dislocazione del capo omeroale sublussato. Dieci spalle umane sono state caricate con un forza dislocativa anteriore e l'effetto di tensioni diverse del sottoscapolare sulla traslazione omeroale è stato misurato con il sistema Motion Analysis, per le posizioni di abduzione e di rotazione esterna del braccio e per la posizione neutra. Si è visto che le spalle dove il capo omeroale migrava antero superiormente sotto un carico esterno antero inferiore si dislocavano quando sottoposte a tensione del sottoscapolare simulata in tutte e due le posizioni. In contrasto, le spalle dove il capo migrava antero inferiormente rimanevano stabili. Il doppio dei campioni dislocavano nella posizione abdotta-rotata esternamente rispetto alla posizione neutrale. Il cambiamento della linea di azione del sottoscapolare può essere la causa di questo cambiamento. Gli esercizi da soli non saranno probabilmente adeguati per tutti i pazienti con sintomi di instabilità anteriore. Lo schema di movimento passivo del capo omeroale potrebbe servire come indicatore se l'effetto del rinforzo del sottoscapolare può stabilizzare una spalla senza ulteriore intervento. Lo sviluppo di un test clinico basato su queste scoperte potrebbe differenziare i candidati da non operare da quelli da operare tra i pazienti che si presentano con instabilità anteriore della spalla.

In un altro studio di Alexander CM¹⁹ si è cercato di analizzare quale fosse l'attività del trapezio in spalle affette da instabilità glenoomeroale non traumatica. I riflessi dei muscoli del cingolo scapolare come il trapezio vengono evocati dagli afferenti muscolari che forniscono

l'avambraccio e la mano in soggetti sani. Si pensa che questi riflessi possano aiutare la stabilità della spalla durante l'uso del braccio e della mano (Alexander CM, Harrison P.). Questo studio metteva in evidenza che vi era un ritardo o un'assenza di queste afferenze e una diminuzione della soglia di risposta corticospinale del trapezio inferiore in soggetti con NTSI. Si dovrebbe considerare il controllo del trapezio inferiore quando si curano le persone con NTSI.

I muscoli della spalla generano una forza compressiva della articolazione, che unita con le limitazioni statiche, comprime le superfici articolari e mantiene la stabilità. La stabilità potrebbe essere impedita dai muscoli della spalla dopo una dislocazione se risultano lesioni alle limitazioni dinamiche. La disfunzione dei muscoli della spalla dal lato dell'articolazione potrebbe non solo diminuire la componente di compressione ma anche aumentare la componente della dislocazione, se le forze dall'altro lato dell'articolazione non sono bilanciate. Qualcuno dei muscoli della spalla che normalmente contribuisce alla forza articolare potrebbe essere parzialmente responsabile. Gli studi EMG identificano i muscoli della spalla attivi durante i movimenti, come i muscoli della cuffia dei rotatori, il deltoide, ma identifica anche il grande pettorale, il grande rotondo, il gran dorsale, il bicipite brachiale e i muscoli scapolo toracici. Il potenziale contributo dei muscoli della spalla per l'instabilità dell'articolazione diventa chiaro mentre si sviluppa, su un modello cadaverico in vitro, una lussazione dell'articolazione. L'ipotesi fatta è che con la spalla in posizione di apprensione se il normale range di movimento è superato alcuni muscoli potrebbero invece di ostacolare l'instabilità contribuire all'instabilità. Uno studio precedente ha coinvolto il pettorale maggiore come avente un ruolo nell'indurre una dislocazione gleno omerale anteriore. Capire il ruolo dei muscoli della spalla potrà aiutare la riabilitazione a minimizzare i problemi dopo un'instabilità dell'articolazione gleno omerale.

La progressione della tendinopatia alla lacerazione parziale o totale della cuffia dei rotatori è considerato un continuum del processo di malattia. Nonostante la maggior parte degli studi tenti di escludere la lacerazione totale basata sul controllo clinico, solo 2 ricerche hanno usato metodi a risonanza per escludere dai loro campioni studiati i soggetti con una lacerazione totale della cuffia dei rotatori. Nessuno studio ha utilizzato metodi diagnostici in grado di escludere lacerazioni parziali della cuffia.

Gli effetti delle lacerazioni della cuffia dei rotatori sulla cinematica scapolare può essere di particolare interesse per quanto riguarda la discussione dei risultati incompatibili tra gli studi. Cinque ricerche finora hanno confrontato la cinematica scapolare di un numero ridotto di campioni di soggetti (dai 6 ai 20 individui con lacerazioni alla cuffia) con lacerazioni totali

conosciute, a un gruppo di controllo durante l'innalzamento del braccio. Tutti questi studi hanno notato tendenze a una maggiore rotazione scapolare verso l'alto, anche se solamente 2 studi hanno misurato le differenze che mostrano alterazioni statisticamente significative nel ritmo scapolo-omerale. Tutti gli autori hanno suggerito che queste alterazioni erano compensatorie per massimizzare l'innalzamento del braccio in assenza di un'intatta funzione della cuffia dei rotatori. È interessante che in uno studio la riparazione chirurgica della cuffia sembrava "normalizzare" la presunta compensazione. Un ulteriore supporto per la teoria della rotazione compensatoria della scapola verso l'alto in assenza di una cuffia dei rotatori intatta è fornita da uno studio di soggetti sani prima e dopo un blocco del nervo sopra-scapolare per produrre una disfunzione sperimentale dei muscoli sopraspinoso e infraspinoso. Dopo il blocco del nervo, i soggetti hanno dimostrato aumenti significativi nella rotazione scapolare verso l'alto e nella rotazione esterna nell'innalzamento del braccio. Le considerazioni riguardanti queste scoperte suggeriscono che l'aumentata rotazione scapolare verso l'alto può essere una compensazione positiva in presenza della patologia della cuffia dei rotatori. Le variazioni nelle scoperte della rotazione della scapola verso l'alto durante l'innalzamento del braccio nelle ricerche su soggetti impingement alla spalla possono essere connesse alla conoscenza clinica limitata dello status o alla severità del coinvolgimento della cuffia dei rotatori, in particolare riguardo alla lacerazione parziale o totale. L'incrementato uso della risonanza a ultrasuoni nella diagnosi dell'integrità della cuffia può essere d'aiuto in futuro per chiarire i dati incompatibili.

3.2.5 Effetti teorizzanti delle alterazioni cinematiche scapolari

Senza l'abilità di seguire la longitudinalità dei soggetti umani, è difficile percepire se le alterazioni trovate nella cinematica scapolare compensano o contribuiscono al meccanismo di impingement della sindrome della cuffia dei rotatori. Un'ulteriore intuizione può essere raggiunta, tuttavia, attraverso lo studio che collega le alterazioni cinematiche alla riduzione dello spazio subacromiale, o alla prossimità di strutture come la cavità glenoidea e la superficie inferiore nell'impingement interno. Basato sulla relazione anatomica, si ritiene generalmente che le riduzioni nella rotazione della scapola verso l'alto e l'inclinazione posteriore durante l'innalzamento del braccio può ridurre lo spazio subacromiale disponibile, contribuendo perciò allo sviluppo o alla progressione dell'impingement oltre che un ambiente più povero per la guarigione del tessuto. È meno chiaro che impatto possa avere la rotazione scapolare interna sullo spazio subacromiale, siccome l'aumentata rotazione interna scapolare

senza alterare la posizione omerale dovrebbe risultare in una maggiore rotazione esterna dell'articolazione dell'omero. Si presume che la rotazione esterna omerale sia benefica per lo spazio subacromiale, permettendo un maggiore spazio libero per la più grande tuberosità. Tuttavia, un incremento relativo nella rotazione esterna dell'articolazione della spalla attraverso la rotazione scapolare interna può far aumentare il rischio di impingement posteriore interno della cuffia dei rotatori. L'impatto potenziale delle alterazioni del movimento clavicolare sullo spazio subacromiale o sull'impingement interno è compreso addirittura meno. L'aumentata elevazione clavicolare può migliorare lo spazio subacromiale disponibile attraverso il movimento superiore dell'articolazione acromion clavicolare. In alternativa, la maggiore elevazione può associarsi a una maggiore inclinazione della scapola, perciò è possibile che comprometta lo spazio subacromiale disponibile.

Attraverso la risonanza magnetica sono state trovate significative riduzioni nella distanza acromion-omerale legate al movimento, nelle spalle sintomatiche di individui con impingement. Tuttavia, queste riduzioni non erano collegate a specifiche deviazioni del movimento della scapola o dell'omero. Fino ad oggi sono stati trovati solo 2 studi che hanno tentato di collegare direttamente le alterazioni nella cinematica scapolare alle riduzioni dello spazio subacromiale. In una ricerca molto piccola su 4 soggetti sani sono state ottenute immagini di risonanza magnetica supina con sacchetti di sabbia che tenevano le scapole in posizioni "protratte" (abduzione scapolare) o "ritratte" (adduzione scapolare).

Successivamente, sono state misurate la larghezza e l'angolo subacromiale in entrambe le posizioni. Sono state identificate riduzioni significative nei parametri subacromiali in posizione protratta. Un'analisi di questi cambiamenti del piano sagittale, tuttavia, sembra essere compatibile con quello che potrebbe accadere con un'aumentata inclinazione anteriore della scapola, piuttosto che la protrazione della scapola. Usando un modello di cadavere di rimozione subacromiale (transizione omerale superiore precedente la forza di contatto significativa subacromiale), Karduna e i suoi colleghi hanno studiato l'impatto di posizioni scapolari imposte della rotazione verso l'alto, della rotazione interna e dell'inclinazione posteriore nella traduzione omerale superiore disponibile. Non sono state trovate differenze significative nei cambiamenti nella rotazione interna scapolare e inclinazione posteriore. Contrariamente alle aspettative, l'aumentata rotazione scapolare verso l'alto ha ridotto, invece di incrementare, il magnitudo di transizione omerale superiore disponibile. Anche se la ricerca MR fornisce un supporto per le presupposizioni comuni sulla riduzione dello spazio subacromiale, questo studio su cadavere sfida le presupposizioni comuni su quale impatto potrebbero avere le alterazioni scapolari sullo spazio subacromiale. Ulteriori studi che

collegano le alterazioni cinematiche scapolari alla vastità dello spazio subacromiale disponibile e della prossimità delle strutture che possono potenzialmente urtarsi sono necessari per accertarsi ulteriormente riguardo l'importanza clinica e biomeccanica delle alterazioni cinematiche identificate nelle popolazioni di pazienti.

3.2.6 Alterazioni cinematiche scapolari associate all'instabilità dell'articolazione gleno-omerale.

Innanzitutto per capire il fenomeno comune legato all'instabilità della spalla bisogna capire quale sia il ruolo dell'architettura della cuffia dei rotatori sulla stabilità dell'articolazione gleno-omerale. Uno studio di Ward et al²⁰ ha esaminato la struttura dei muscoli della cuffia dei rotatori in 10 campioni cadaverici per capire il loro disegno funzionale. Basandoci sui dati precedentemente pubblicati riguardanti l'angolo delle escursioni articolari dei muscoli, i range del funzionamento della lunghezza del sarcomero sono stati modellati attraverso tutte le permutazioni nella rotazione mediale e laterale, e nell'abduzione dell'articolazione della spalla in 75 maschi. Basandoci sull'area fisiologica di sezione trasversale, il sottoscapolare avrebbe la più grande capacità di produrre forza, seguito dall'infraspinato, dal sopraspinato e il teres minor. Basato sulla lunghezza delle fibre, il sopraspinato operava nel range più ampio delle lunghezze del sarcomero. Il sopraspinato e l'infraspinato avevano le lunghezze del sarcomero relativamente lunghe in posizione anatomica ed erano sotto tensione passiva relativamente alta quando erano a riposo, il che indicava che essi sono responsabili della stabilità di riposo glenomerale. Tuttavia, il sottoscapolare contribuiva alla tensione passiva in massima rotazione laterale e abduzione, indicando che esso ha un ruolo critico nella stabilità della spalla nella posizione di apprensione. Questi dati illustrano lo squisito accoppiamento dell'architettura del muscolo con la meccanica delle articolazioni, che permette alla cuffia dei rotatori di produrre tensioni attive quasi massimali nel range di mezzo, e produrre tensioni passive nelle varie posizioni di fine range. È bene quindi tenere in considerazione che durante un intervento, cambiamenti relativamente piccoli ai muscoli della cuffia dei rotatori potrebbero risultare in cambiamenti relativamente grandi nel funzionamento della spalla.

L'instabilità delle articolazioni è una delle affezioni più comuni degli esseri umani, che²¹ colpisce non solo l'anca, il ginocchio e la spalla ma tutte le articolazioni del corpo. La riparazione chirurgica nei casi di instabilità delle articolazioni è comune, ma non è ancora stata in grado di ripristinare la loro funzione in modo costante. Dolore, ricomparsa dell'instabilità, rigidità, lesioni ai muscoli e malattie degenerative delle articolazioni sono

sequele sin troppo comuni. Poiché l'articolazione della spalla è quella che viene più spesso lussata, ci si sta sforzando di comprendere l'instabilità della spalla. Gli studi hanno incluso non soltanto le restrizioni statiche (capsulo-labrali, superfici articolari, pressione intracapsulare) ma anche il loro importante interplay con le restrizioni dinamiche (muscoli della spalla). Inoltre, non solo si è saputo che i muscoli hanno stabilizzato l'articolazione sotto studio, ma sembra possano aver contribuito alla sua lussazione. E' stato sviluppato un modello cadaverico in vitro che comprendeva i relativi muscoli della spalla e un meccanismo di lussazione simile a un meccanismo in vivo. E' stata studiata la patoanatomia capsulo-labrale che si è verificata dopo la lussazione. La maggiore comprensione della lussazione delle articolazioni può migliorare i risultati dopo la riabilitazione e la riparazione chirurgica, non solo della spalla ma anche di tutte le altre articolazioni.

Come ben sappiamo l'abilità di ogni articolazione di resistere alla dislocazione è in relazione diretta con la sua stabilità, ciò quindi che la spalla acquista in termini di mobilità, finisce per perderlo in stabilità.

Per questo motivo, diversamente da molte altre articolazioni del corpo umano, il controllo neuromuscolare gioca un ruolo fondamentale, soprattutto nei settori centrali del movimento articolare, dove è presente una minor importanza della stabilizzazione dei capi ossei e una relativa debolezza del sistema legamentoso (stabilizzazione passiva).

Prima di parlare di instabilità è bene tracciarne la definizione, e a tal proposito, in letteratura, pur essendo molto ricorrente, appare di difficile definizione a causa delle strutture coinvolte, della complessità delle loro interazioni e della difficoltà implicita nel loro controllo a livello centrale.

In questo contesto la definizione data da Matsen è accettabile: una condizione clinica nella quale una traslazione indesiderata della testa omerale nella glenoide compromette il comfort e la funzione della spalla (Matsen 2001)

Dal punto di vista clinico è auspicabile distinguere, quando è possibile, un'instabilità strutturale da un'instabilità funzionale. Nel primo caso vi sono segni oggettivamente riscontrabili mediante l'esame clinico, che possono corrispondere o meno a disturbi (impairment) o disabilità riferiti da parte del soggetto; nel secondo caso possono esservi, ma anche mancare, segni e sintomi riferibili all'impairment riferito dal paziente (diverse sedi e tipologie di dolore, alterata meccanica articolare, ecc.).

La stabilità della spalla dipende dall'efficienza dei meccanismi di stabilizzazione articolari, muscolari e neurologici. Il funzionamento muscolare è differente secondo il variare della

posizione articolare, della direzione e dell'ampiezza del movimento e dell'estensibilità delle strutture periarticolari (Comerford, 2001).

Dal punto di vista epidemiologico sembra essere altamente condivisibile la visione della patologia di spalla all'interno di un ciclo o continuum patogenetico, che può condurre dall'instabilità alla sindrome da conflitto, attraverso un ciclo, nel quale si situano: i microtraumi, il deficit di controllo neuromuscolare, la sublussazione occulta o instabilità funzionale, la debolezza dei muscoli scapolo-toracici, lo squilibrio muscolare deltoide cuffia, lo squilibrio muscolare tra agonisti-antagonisti da ripetizione gestuale di adduzione-rotazione interna, l'alterazione della zona neutra.

Il concetto del ciclo patogenetico merita attenzione in quanto sembra possibile un suo esordio a partire da una qualunque fase. A tal proposito è bene ricordare ad esempio che :

- l'overuse può determinare una situazione infiammatoria subacuta, con conseguente aumento di volume dei tessuti periarticolari, cui fa seguito una relativa riduzione dello spazio sottoacromiale, con conseguente impingement
- l'overuse può determinare un accorciamento adattivo dei muscoli motori glenomerari e scapolo-toracici, cui consegue, come compenso, un overstrain (ipersollecitazione) di alcune strutture o l'insorgenza di movimenti involontari atti a garantire la funzione. La ripetizione gestuale in tali condizioni può determinare infiammazione a carico delle strutture ipersollecitate o alterazioni artrocinematiche potenzialmente conflittuali
- il dolore può causare un'alterazione della propriocezione, determinata dal persistere di impulsi nocicettivi: né può conseguire un'alterata risposta motoria, con caratteristiche simili all'instabilità.
- un allenamento organico muscolare insufficiente può determinare un affaticamento muscolare precoce, con conseguente riduzione nell'abilità del controllo del centraggio articolare; quanto detto può determinare una situazione di instabilità funzionale, che può implicare microtraumi a livello delle strutture periarticolari. Le conseguenze più comuni sono la riduzione relativa dello spazio sottoacromiale e/o l'insorgenza di dolore, che induce inibizioni muscolari (con potenziali instabilità) e compensazioni (con possibili squilibri o accorciamenti muscolari)
- un allenamento sportivo improprio, ad esempio con ripetizioni reiterate del gesto tecnico che privilegia l'impiego della muscolatura agonista, può condurre a uno squilibrio muscolare, questa a sua volta, può implicare un'alterazione del centraggio dinamico della testa omerale e un deficit nel controllo neuromuscolare da parte della

muscolatura agonista. Le conseguenze possono essere impingement e/o infiammazione cronica delle strutture periarticolari

- un alterazione posturale, quale ad esempio un aumento della cifosi dorsale, che molti atleti ipertrofici presentano, può presentare un'ostacolo all'estensione fisiologica del rachide, impedendo un corretto scivolamento scapolare; la conseguenza è un aumento della flessione e rotazione esterna della spalla, con conseguente stress a carico delle strutture anteriori della gleno-omerale.

Sta anche aumentando la letteratura che studia le anomalie della cinematica scapolare associate all'instabilità dell'articolazione glenomerale (Ludewing e Reynolds) Ci sono di nuovo molte variazioni nei campioni e nelle metodologie degli studi, ma più coerenza nei risultati riportati. Cinque studi hanno confrontato soggetti con instabilità multi direzionale con soggetti di controllo durante l'innalzamento del braccio. Quattro di questi studi hanno valutato la rotazione scapolare verso l'alto sia direttamente che indirettamente valutando il ritmo scapolo-omerale. Tutti e 4 hanno identificato una significativa rotazione scapolare minore verso l'alto o un rapporto significativamente maggiore nel ritmo scapolo-omerale (indicatore di un componente minore della rotazione scapolare verso l'alto) nei soggetti con instabilità. Due di questi studi hanno inoltre valutato la rotazione scapolare interna e hanno entrambi trovato una rotazione scapolare interna significativamente maggiore nei soggetti con instabilità. Nella loro analisi topografica Moiré, Warner e i suoi colleghi hanno anche valutato soggetti con instabilità e hanno riportato un maggiore "winging" scapolare. Questo "winging" è definito come una maggiore prominente del bordo mediale che fa pensare a una maggiore rotazione interna. In questo unico studio trovato che metteva a confronto soggetti con un'instabilità articolare glenomerale anteriore con un gruppo di controllo, all'inizio del range del movimento (0°-90°), i soggetti con instabilità avevano un minore contributo della rotazione scapolare verso l'alto all'innalzamento del braccio, mentre successivamente nel range del movimento di elevazione il contributo della scapola era significativamente maggiore. Simile ai confronti tra i soggetti con attrito e i gruppi di controllo, la natura investigativa di questi studi non fornisce prove definitive per meccanismi o causali o compensatori delle alterazioni cinematiche. Tuttavia, meccanicamente, si crede che la rotazione scapolare verso l'alto ridotta sia nociva per il mantenimento della stabilità inferiore nell'articolazione glenomerale. Ciò suggerisce che queste riduzioni nella rotazione scapolare verso l'alto negli individui con instabilità multidirezionale non rappresenta una compensazione positiva, ma è probabile che contribuisca all'instabilità inferiore

dell'articolazione. L'aumentata rotazione scapolare interna è ritenuta responsabile della riduzione meccanica della stabilità ossea anteriore; tuttavia, uno studio su cadavere ha riportato un'aumentata tensione all'articolazione glomerale con la protrazione scapolare, che può contribuire alla stabilità generale. È interessante notare che nei soggetti sani l'elevazione della spalla e la rotazione interna e la forza di rotazione esterna è diminuita durante il controllo isometrico in posizioni protratte della scapola, che comprendono protrazione clavicolare e rotazione interna scapolo-toracica. Allo stesso modo, quando gli atleti overhead con o senza sintomi di impingement sono stati riposizionati manualmente nella retrazione scapolare incrementata e inclinazione posteriore, c'erano aumenti importanti nella forza di elevazione della spalla. Sono necessari ulteriori studi nei soggetti con instabilità dell'articolazione glomerale per comprendere meglio la natura compensatoria o causale e le conseguenze biomeccaniche delle loro alterazioni cinematiche scapolari.

Uno studio di J. M. Barden et al²². si è preoccupato di analizzare attivazione muscolare nell'instabilità multidirezionale (MDI) della spalla, per vedere se alterazioni muscolari potevano essere responsabili dell'instabilità.

Oltre al controllo attivo neuromuscolare, l'integrità funzionale dell'articolazione glomerale è assicurata attraverso una varietà di meccanismi passivi, inclusi la pressione negativa intra-articolare, la costrizione ossea (bony restraint nel testo originale) e la tensione capsulolegamentosa. (Bigliani et al. 1996; Hurschler et al. 200; Jerosch et al. 1996; Matsen III, 1994). Di questi meccanismi, solo il controllo mediato neurale dell'attivazione dei muscoli ha la capacità di adattare la meccanica delle articolazioni a seconda delle diverse configurazioni delle articolazioni e alle condizioni di carico. Alcune ricerche indicano che questo meccanismo adattabile è associato all'incidenza dell'instabilità glomerale. (Glousman et al. 1988, Kronberg et al. 1991; McMahon et al. 1996). Di conseguenza le ricerche relative al funzionamento atipico dei muscoli della spalla sono essenziali per fornire una conoscenza completa della patomeccanica dell'instabilità glomerale e per sviluppare strategie di cura più efficaci per le condizioni legate all'instabilità della spalla. Una di queste condizioni è l'instabilità multidirezionale (MDI), caratterizzata dalla sintomatica sublussazione e/o dislocazione dell'articolazione glomerale in più di una direzione. La patologia della MDI comprende una capsula slegata e ridondante con episodi ricorrenti di dolore ed instabilità, specialmente nella posizione di medio range di movimento glomerale. (An e Friedman 2000; Arendt 1988; Beasley et al. 2000; Schenk e Brems, 1988). La stabilità di medio range richiede l'attivazione precisa e il controllo della cuffia dei rotatori, ancor di

più per la stabilità di fine range che dipende in maggior misura dalla tensione passiva dei legamenti. (Bigliani et al. 1996; Janwantanakul et al. 2001; Mallon e Speer, 1995, Nyland et al. 1998). Non sorprende il fatto che la disfunzione della cuffia dei rotatori sia stata indicata come fattore che contribuisce allo sviluppo della MDI (Mallon and Speer, 1995; Schenk and Brems, 1998). Se è ragionevole suggerire che l'insufficiente attivazione dei rotatori della cuffia aumenti la mancanza di stabilità creata dalla lassità capsuloligamentosa, non esiste nessuna prova sperimentale in grado di sostenere tale ipotesi. La relazione tra l'instabilità glomerale e il funzionamento dei muscoli della spalla è stata studiata nell'instabilità posteriore volontaria (Beall et al., 1987; Pande et al., 1989) nell'instabilità anteriore ricorrente (Glousman et al., 1988; Kronberg et al., 1991; McMahon et al., 1996; Wallace et al., 1997) e più recentemente nella MDI (Morris et al., 2004). In ciascuno di questi studi, i soggetti con instabilità presentavano livelli di attivazione anormali e specifici per il movimento in diversi muscoli della spalla. Per soggetti con MDI, Morris et al. (2004) ha studiato 6 diversi muscoli della spalla e ha rilevato livelli atipici di attivazione per tutte le tre sezioni del deltoide, ma non ha rilevato differenze nell'attivazione della cuffia dei rotatori. Studi elettromiografici sull'instabilità glomerale hanno permesso di quantificare il livello di reclutamento dei muscoli confrontando l'ampiezza di attivazione nelle diverse fasi del ciclo del movimento. Mentre il livello di reclutamento è una caratteristica importante del funzionamento dei muscoli, un fattore egualmente importante è la tempistica di attivazione. Per quanto ci è possibile sapere, un'analisi dettagliata delle caratteristiche temporali dell'attivazione dei muscoli nella MDI o in altre tipologie di instabilità glomerale non è stata ancora condotta. Lo scopo dello studio di Barden et al, pertanto, era quello di usare l'elettromiografia (EMG) per studiare la tempistica e l'ampiezza dell'attivazione dei muscoli in soggetti con MDI. Si era ipotizzato che i muscoli della spalla di soggetti con MDI, ed in particolare la cuffia dei rotatori, avrebbero presentato caratteristiche temporali di attivazione diverse da quelle di soggetti del gruppo di controllo con spalle normali e sane. Lo studio ha riportato diversi risultati interessanti che sono riassunti nelle tabelle 1 e 2 sottostanti.

Table 1
Control and MDI group mean (SD) EMG parameters for the anterior, middle and posterior deltoid

		Anterior deltoid		Middle deltoid		Posterior deltoid	
		Control	MDI	Control	MDI	Control	MDI
Abduction	AMP (%)	52.1 (7.4)	51.9 (11.6)	51.3 (8.6)	52.6 (8.0)	50.8 (7.3)	50.1 (10.2)
	ONST (°)	-6.1 (7.8)	-4.9 (7.0)	-10.1 (12.1)	-6.2 (3.5)	-5.5 (7.3)	-10.3 (17.0)
	TERM (°)	8.6 (8.6)	12.5 (26.3)	5.4 (6.0)	7.8 (5.7)	2.3 (4.4)	7.6 (13.8)
	ROM (°)	87.5 (11.5)	82.4 (14.2)	94.6 (14.3)	88.2 (4.7)	93.2 (8.4)	92.7 (27.4)
Flexion	AMP (%)	54.4 (7.6)	50.3 (6.7)	57.6 (10.1)	56.4 (7.4)	47.5 (9.3)	53.3 (8.1)
	ONST (°)	-15.9 (6.3)	-14.2 (12.4)	-3.8 (4.5)	-11.2 (14.8)	-3.3 (4.4)	-7.5 (7.9)
	TERM (°)	2.9 (29.7)	2.6 (2.0)	4.2 (4.2)	3.9 (3.2)	1.8 (3.3)	3.9 (3.4)
External rotation	ROM (°)	103.0 (13.3)	101.7 (12.2)	89.6 (5.8)	97.2 (14.5)	91.5 (5.4)	93.6 (9.0)
	AMP (%)	57.2 (10.4)	52.0 (7.7)	53.2 (10.4)	48.0 (12.3)	42.9 (10.2)	49.5 (10.4)
	ONST (°)	-8.4 (24.8)	-13.9 (3.7)	-25.9 (20.9)	-32.9 (27.8)	-46.6 (25.8)*	-12.2 (19.4)
	TERM (°)	25.5 (2.6)	27.4 (7.3)	30.2 (21.5)	28.0 (38.1)	16.9 (21.7)	20.1 (24.7)
	ROM (°)	73.0 (30.8)	76.6 (36.0)	85.6 (28.4)	94.6 (38.7)	119.7 (28.5)	82.1 (40.5)

The * indicates a significant difference of $P < 0.05$ between the control and MDI groups.

Table 2
Control and MDI group mean (SD) EMG parameters for the latissimus dorsi and pectoralis major

		Latissimus dorsi				Pectoralis major			
		AMP (%)	ONST (°)	TERM (°)	ROM (°)	AMP (%)	ONST (°)	TERM (°)	ROM (°)
Abduction	Control	49.7 (15.7)	2.7 (8.5)	-40.1 (49.8)	127.4 (50.7)	-	-	-	-
	MDI	59.2 (22.9)	7.2 (18.8)	-9.7 (59.6)	92.5 (57.5)	-	-	-	-
Adduction	Control	51.8 (13.0)	-8.5 (9.1)	21.7 (28.7)	76.9 (28.3)	51.3 (11.7)	-5.7 (4.2)	21.1 (18.9)	74.6 (20.7)
	MDI	52.6 (10.8)	-7.6 (8.3)	26.0 (24.5)	72.0 (26.4)	46.6 (11.4)	-5.3 (8.5)	18.3 (45.8)	76.9 (50.1)
Flexion	Control	53.1 (11.5)	-5.0 (11.2)	-18.5 (28.2)	113.4 (34.4)	53.7 (16.7)	-7.4 (10.5)	13.0 (58.3)	84.4 (62.3)
	MDI	52.9 (11.0)	-6.9 (12.1)	-20.2 (27.3)	117.1 (34.5)	50.5 (20.8)	-10.6 (11.2)	-2.0 (53.6)	102.6 (59.8)
Extension	Control	-	-	-	-	62.6 (16.2)*	-2.0 (1.8)	32.9 (41.7) [†]	59.6 (41.6) [†]
	MDI	-	-	-	-	37.3 (8.0)	-5.2 (3.8)	-29.2 (38.8)	124.4 (40.3)
Internal rotation	Control	59.6 (8.0)	0.0 (1.9)	-0.1 (38.1)	90.1 (37.8)	46.6 (12.6)	-3.7 (2.9)	23.1 (36.5)	70.6 (37.7)
	MDI	55.8 (22.2)	-0.2 (5.1)	-18.3 (65.0)	107.7 (62.9)	45.3 (7.6)	-4.7 (5.2)	17.8 (18.4)	76.9 (20.5)
External rotation	Control	60.0 (12.4)	-4.8 (21.0)	7.5 (20.9)	87.3 (29.6)	-	-	-	-
	MDI	57.0 (9.9)	-16.9 (25.5)	-4.9 (34.2)	111.8 (45.4)	-	-	-	-

The * indicates a significant difference of $P < 0.005$ between the control and MDI groups, while the [†] indicates a difference of $P < 0.01$.

Le tabelle 1 e 2 riassumono, rispettivamente, la media di gruppo dei parametri dei dati EMG per il deloide anteriore, medio e posteriore (Tabella 1) e per i muscoli latissimus dorsi e pectoralis major (Tabella 2). I dati relativi ai muscoli infraspinatus e supraspinatus sono presentati nelle figure 2–4. Sono state rilevate significative differenze nei paramentri EMG tra i due gruppi, tuttavia non sono state rilevate differenze significative all'interno di ciascun gruppo in relazione a nessuno dei muscoli testati.

L'assenza di effetti significativi all'interno del gruppo dimostra la coerenza dell'interripetizione degli elettromiogrammi per tutte le condizioni di movimento. Differenze significative tra il gruppo MDI e il gruppo di controllo sono state rilevate per i muscoli supraspinatus, infraspinatus, deltoide posteriore e pectoralis major. Non sono state rilevate differenze significative per il deltoide anteriore, medio o per il latissimus dorsi.

Supraspinatus

I valori medi di gruppi dei parametri per il supraspinatus sono presentati nelle figure 2-4. Le analisi statistiche non hanno identificato significative differenze tra i gruppi per i parametri AMP o ONST. In ogni caso, significativi effetti principali di gruppo sono stati rilevati per i parametri TERM [F(1, 48)=4.55, P<0.05] e ROM [F(1, 48)=3.99, P<0.05]. L'effetto principale significativo per il parametro è attribuibile alla deattivazione del muscolo del supraspinatus nel gruppo MDI che ha preceduto quella del gruppo di controllo per tutte e tre le condizioni di movimento.

Test post hoc per il parametro TERM hanno dimostrato che nessuno dei confronti MDI vs gruppo di controllo era significativo, in ogni caso, la differenza per la rotazione esterna si è avvicinata ad un valore significativo a $P<0.09$. Per quanto riguarda invece l'effetto principale significativo di gruppo per il parametro ROM, i dati nelle figure 2-4 indicano che la durata della contrazione del supraspinatus era inferiore nel gruppo MDI rispetto al gruppo di controllo. Test post hoc hanno rivelato che l'attivazione ridotta del supraspinatus era rilevante ($P<0.01$) durante la rotazione esterna (Fig. 4).

Infraspinatus

Così come per il supraspinatus, i risultati di gruppo per l'infraspinatus durante abduzione della spalla, la flessione e la rotazione esterna vengono presentati rispettivamente nelle figure 2-4. Le analisi statistiche per i quattro parametri EMG hanno dimostrato che non c'erano significativi effetti tra i due gruppi per il parametro AMP. Per il parametro ONST un effetto principale significativo è stato identificato [F(2, 47)= 3.47, P<0.05]. Tale parametro, per la flessione della spalla, precedeva quello relativo alla rotazione esterna in entrambi i gruppi ($P<0.05$).

Similarmente, è stato rilevato un effetto principale significativo per il parametro TERM relativo alle azioni da eseguire, [F(2, 47)=5.37, P<0.01]. I dati mostrano che per l'abduzione della spalla (Fig. 2), il termine dell'infraspinatus è avvenuto prima della fine della fase dell'abduzione. (+ valori medi per TERM), mentre per la flessione della spalla (Fig. 3) l'infraspinatus è stato deattivato poco dopo l'inversione da flessione ad estensione (i valori negativi dimostrano che anche se il muscolo era attivo durante la flessione, l'attivazione è terminata all'inizio della fase di estensione). Test post hoc hanno confermato che la differenza nell'angolo di interruzione tra abduzione della spalla e flessione era significativo ($P<0.01$). Come con i parametri ONST e TERM, un effetto significativo principale per le azioni da eseguire è stato rilevato anche per il parametro ROM [F(2, 47)=8.62, P<0.001]. Test post

hoc hanno indicato che il ROM per entrambi i gruppi era significativamente maggiore per la flessione della spalla che per l'abduzione della spalla ($P < 0.001$) e per la rotazione esterna ($P < 0.05$). Durante la conduzione dei confronti a coppie per identificare le differenze inter-task per il parametro ROM è stata rilevata una differenza significativa ($P < 0.01$), tra il gruppo MDI e il gruppo di controllo per la rotazione esterna (Fig. 4) tale che i soggetti con MDI attivavano l'infraspinatus attraverso un range di movimento più corto rispetto al gruppo di controllo. Questa durata ridotta di contrazione aveva luogo perché i soggetti del gruppo MDI attivavano e deattivavano rispettivamente più tardi e prima rispetto al gruppo di controllo. (Fig. 4 sottostante).

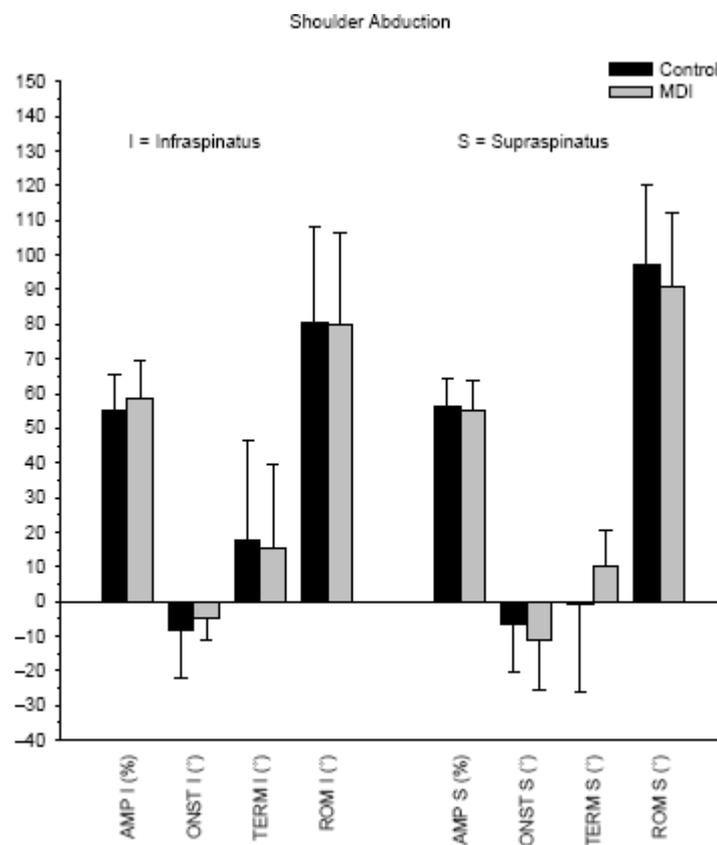


Fig. 2. Group mean activation parameter values for the infraspinus (I) and supraspinatus (S) muscles during shoulder abduction. AMP (%) = normalized (% peak EMG) average amplitude; ONST (°) = onset of activation; TERM (°) = termination of activation; ROM (°) = activation range of motion. Error bars = standard deviation of the mean.

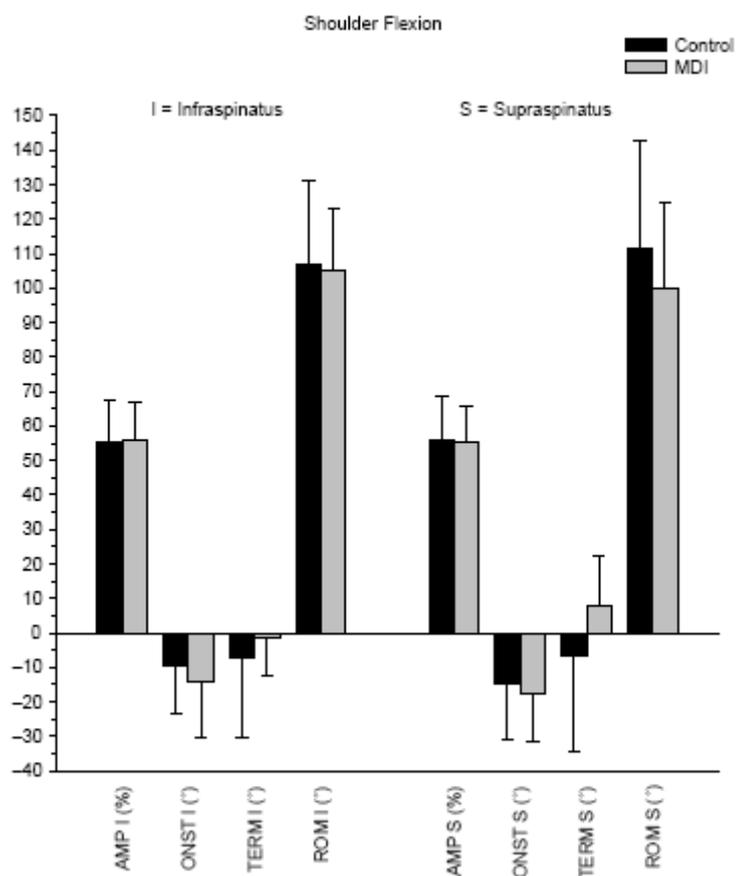


Fig. 3. Group mean activation parameter values for the infraspinatus (I) and supraspinatus (S) muscles during shoulder flexion. Error bars = standard deviation of the mean.

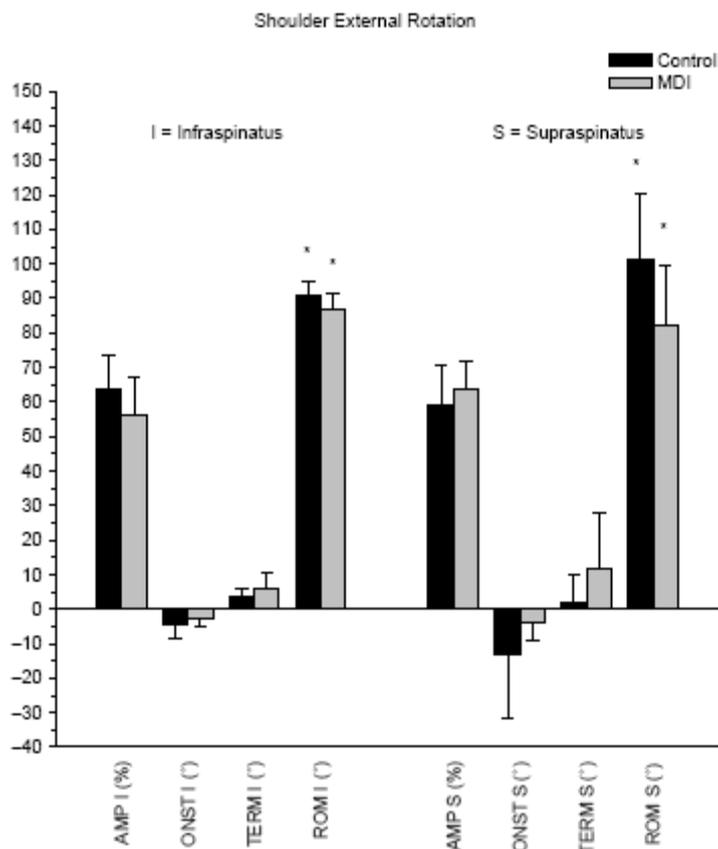


Fig. 4. Group mean activation parameter values for the infraspinatus (I) and supraspinatus (S) muscles during shoulder external rotation. The ROM parameter for the infraspinatus (* $P < 0.01$) and supraspinatus (* $P < 0.01$) was significantly less for the MDI group. Error bars = standard deviation of the mean.

Deltoide posteriore

Per il deltoide posteriore, l'analisi statistica ha indicato che non c'erano differenze significative per il parametro (AMP) dell'ampiezza media normalizzata, mentre per l'inizio dell'attivazione (ONST), significativi effetti di interazione di gruppo [$F(1, 48)=3.99, P < 0.05$] e di gruppo per compito da eseguire [$F(2, 48)=8.50, P < 0.001$] sono stati riscontrati. Analisi post hoc hanno rivelato che l'inizio dell'attivazione per soggetti con MDI era significativamente ritardata ($P < 0.05$) rispetto al gruppo di controllo per la rotazione esterna (si veda la Tabella 1). I dati nella tabella 1 dimostrano che per tutte le condizioni di movimento, l'ONST di attività per entrambi i gruppi avveniva prima della fase del movimento in cui il muscolo era maggiormente attivo (come indicato dai valori negativi). Questi dati dimostrano inoltre la base per l'interazione significativa, in quanto per l'abduzione della spalla e per la flessione, l'ONST per il gruppo MDI è avvenuto prima dell'ONST del gruppo di controllo, mentre per la rotazione esterna l'ONST nel gruppo MDI è avvenuto 34 gradi dopo l'inizio per il gruppo di controllo. È stato rilevato, per il parametro di termine (TERM), un effetto per compito principale e significativo [$F(2, 48)=5.59, P < 0.007$], tale che il termine delle attività

per entrambi i gruppi durante la rotazione esterna è avvenuto prima rispetto all'abduzione della spalla ($P<0.018$) e alla flessione della spalla ($P<0.008$). Nessuna differenza significativa è stata riscontrata per il parametro TERM tra il gruppo di controllo e il gruppo MDI.

Per il parametro relativo al range di movimento (ROM) l'analisi ha identificato un effetto principale di gruppo che si è avvicinato ad un livello significativo [$F(1, 48)=3.66, P<0.06$] così come una interazione gruppo per compito [$F(2, 48)=3.83, P<0.05$]. Test post hoc non hanno rilevato la presenza di differenze significative tra il gruppo MDI vs. il gruppo di controllo per nessuno dei compiti da eseguire, anche se la differenza per la rotazione esterna ha raggiunto un livello significativo a $P<0.09$, tale che i soggetti con MDI hanno attivato il deltoide posteriore attraverso un range di movimento minore rispetto al range del gruppo di controllo. Il ROM ridotto per i soggetti con MDI si è presentato come risultato del ritardo significativo nell'onset dell'attività.

Pectoralis major

Per il pectoralis major, si è presentato un effetto significativo di gruppo [$F(1, 47)=6.67, P<0.01$] in relazione al parametro AMP. Analisi post hoc hanno determinato che l'AMP per il gruppo MDI era significativamente inferiore ($P<0.005$) rispetto all'AMP per il gruppo di controllo durante l'estensione della spalla (Tabella 2). Non sono state rilevate differenze significative per il parametro ONST. Sono stati rilevati inoltre effetti principali di gruppo che hanno raggiunto livelli significativi anche per i parametri TERM [$F(1, 47)=3.68, P<0.06$] e ROM [$F(1, 47)=3.27, P<0.07$]. Test post hoc hanno rilevato che le differenze tra il gruppo MDI e il gruppo di controllo per i parametri TERM and ROM erano significativamente diversi ($P<0.01$) quando veniva eseguita l'estensione della spalla, tale che i soggetti con MDI terminavano l'attività del pectoralis major più tardi rispetto ai soggetti del gruppo di controllo, così che il pectoralis major era attivo un range di movimento esteso (Tabella 2).

Lo scopo del presente studio era di usare l'EMG per studiare le tempistiche e l'ampiezza dell'attivazione dei muscoli della spalla in soggetti con instabilità multidirezionale (MDI). Si sosteneva l'ipotesi secondo la quale i muscoli della cuffia dei rotatori di soggetti con MDI presentano differenze temporali nell'attivazione, in confronto a soggetti del gruppo di controllo con spalle sane. Nelle spalle con MDI, l'attivazione più breve del muscolo supraspinatus avveniva per tutti i compiti da eseguire in cui era attivo il muscolo in oggetto.

Differenze significative tra i parametri di attivazione tra i gruppi di controllo e MDI sono state rilevate anche per i muscoli infraspinatus, deltoide posteriore e pectoralis major. Complessivamente, il deltoide posteriore, i muscoli infraspinatus e supraspinatus di soggetti

con MDI presentano periodi di attivazione più brevi durante l'esecuzione di rotazioni interne/esterne, nonostante ampiezze di attivazione simili a quelle del gruppo di controllo.

Al contrario, l'attivazione del pectoralis major differiva dal gruppo di controllo sia in termini di ampiezza che di tempo durante l'esecuzione dell'estensione della spalla. Data l'importanza dell'attivazione della cuffia dei rotatori per la stabilità dinamica della spalla, i muscoli supraspinatus e infraspinatus verranno affrontati per primi, seguirà poi una breve discussione sui muscoli deltoide posteriore e pectoralis major.

Supraspinatus e infraspinatus

I risultati dimostrano che per tutti i tre movimenti del test, i soggetti del gruppo MDI attivavano il muscolo supraspinatus attraverso un range di movimento più breve rispetto al gruppo di controllo. La causa primaria dell'attivazione più breve era la fine prematura dell'attività del muscolo in prossimità della fine del movimento in cui il muscolo era attivo.

La differenza nella contrazione era maggiormente pronunciata per la rotazione esterna, in cui la tempistica dell'attivazione MDI era caratterizzata da un avvio ritardato e da una deattivazione prematura rispetto alle posizioni corrispondenti in cui i soggetti del gruppo di controllo attivavano e deattivavano il muscolo. Studi sull'attività della cuffia dei rotatori in soggetti con spalle sane hanno mostrato che il supraspinatus contribuisce in maniera importante alla rotazione esterna, specialmente quando il braccio si trova in una posizione di abduzione. Questi studi hanno anche mostrato che il contributo del supraspinatus aumenta all'aumentare dell'angolo di abduzione alla spalla (Ihashi et al., 1998; Kronberg et al., 1990). I risultati relativi all'infraspinatus dimostrano che il pattern di attivazione del gruppo MDI differiva rispetto al gruppo di controllo, ma solamente durante la rotazione esterna. Come il supraspinatus, l'attività dell'infraspinatus per la rotazione esterna in soggetti con MDI era confinata ad un range limitato di movimento. Tale range limitato esisteva perché il muscolo era attivato e deattivato all'interno dei limiti normali stabiliti dal gruppo di controllo. Al punto di inizio, cosa che accadeva in entrambi in gruppi poco prima della fine della rotazione interna, l'attivazione del muscolo infraspinatus serviva a decelerare l'omero in preparazione per la transizione alla rotazione esterna.

I dati indicano che l'infraspinatus è stato deattivato precisamente prima della fine della rotazione esterna, quando il braccio aveva raggiunto 65° di rotazione esterna rispetto alla posizione neutra.

Ulteriori studi mostrano come l'infraspinatus e il supraspinatus si combinano per stabilizzare l'articolazione glomerale quando il braccio è ruotato verso l'esterno nella posizione di

adduzione (Itoi et al., 1994). Non sorprende, che in questa posizione, (clinicamente chiamata apprehension test position) venga frequentemente associata alla sublussazione o dislocazione dell'articolazione glomerale (Kido et al., 2003). Di conseguenza, è probabile che la deattivazione prematura dei muscoli infraspinus e supraspinatus in soggetti con MDI comprometta seriamente l'abilità della cuffia dei rotatori a fornire stabilità anteriore all'articolazione glomerale nelle posizioni di rotazione esterna e di abduzione.

I risultati della presente ricerca suggeriscono che per la rotazione esterna, soggetti con MDI sperimentino una perdita di stabilità dinamica in un punto critico del range di movimento. Le differenze temporali nell'attivazione della cuffia dei rotatori contrastava con i risultati non significativi relativi all'ampiezza, coerenti con i risultati di Morris et al. (2004), che ha condotto recentemente la prima ricerca sull'attività del muscolo in MDI.

Confrontando i livelli di attivazione del deltoide (anteriore, medio e posteriore) e i muscoli della cuffia dei rotatori (infraspinus, supraspinatus e subscapularis) in soggetti con MDI, rispetto a soggetti di controllo con spalle sane, Morris et al. (2004) non ha riscontrato differenze significative nell'ampiezza del picco dell'EMG normalizzato tra i muscoli della cuffia dei rotatori di entrambi i gruppi. E' interessante pertanto rilevare che i risultati sull'ampiezza dell'EMG del presente studio, così come quelli di Morris et al (2004) contrastino con la ricerca di McMahon et al. (1996), che ha rilevato livelli significativamente diminuiti di attività del supraspinatus in soggetti con instabilità anteriore durante movimenti di abduzione scapolare della spalla e di abduzione. Sfortunatamente, un confronto tra i risultati del presente studio e quelli di Morris et al. (2004) riguardo alle tempistiche dell'attività della cuffia dei rotatori non è possibile, perché Morris et al. (2004) non ha studiato le caratteristiche temporali degli elettromiogrammi registrati.

Di conseguenza, i risultati del presente studio suggeriscono che soggetti con instabilità multidirezionale presentano gli stessi livelli di attività della cuffia dei rotatori di soggetti con spalle normali e sane. Tuttavia, la tempistica del reclutamento è caratterizzata da un pattern di attivazione asincrono, specialmente in relazione alla fine dell'attività del muscolo. I risultati del presente studio sostengono quindi la teoria secondo la quale l'instabilità multidirezionale della spalla è associata ad un insufficiente controllo neuromuscolare che influenza l'attivazione coordinata della cuffia dei rotatori. (Mallon e Speer, 1995; Schenk e Brems, 1998). I risultati suggeriscono anche che questa insufficienza viene accentuata quando la spalla viene ruotata esternamente con il braccio a 90° di abduzione.

Deltoide posteriore.

Nel gruppo MDI l'inizio dell'attivazione del deltoide posteriore si è rivelato significativamente diverso rispetto al gruppo di controllo durante la rotazione interna/esterna. Altri studi hanno rilevato differenze significative nei livelli di attività muscolare del deltoide posteriore e medio in soggetti con MDI (Morris et al., 2004) e in soggetti con instabilità anteriore e lassità generalizzata delle articolazioni (Kronberg et al., 1991).

Nel presente studio, i soggetti di controllo attivavano il deltoide posteriore 46° prima la fine della rotazione interna, mentre l'inizio dell'attività per il gruppo MDI avveniva solo 12 gradi prima del completamento della fine della rotazione interna. Anche se la capacità di funzionamento del deltoide come stabilizzatore dell'articolazione glenomereale non è stata studiata a fondo, Kido et al. (2003) hanno mostrato che tutte e tre le porzioni del deltoide sono in grado di fornire stabilità anteriore all'articolazione glenomereale. Di conseguenza, è probabile che il funzionamento del deltoide posteriore in prossimità della fine della rotazione interna debba agire per controllare in modo eccentrico il movimento e per fornire stabilità articolare riducendo e prevenendo la traslazione anteriore della testa omerale. Se così, il ritardo nell'inizio dell'attività del gruppo MDI comprometterebbe pertanto la stabilità anteriore dell'articolazione glenomereale in questa posizione.

Pectoralis major

Oltre a rilevare differenze nelle tempistiche di attivazione per i muscoli infraspinatus, supraspinatus e deltoide posteriore in soggetti con MDI, questa ricerca ha rilevato anche differenze nell'attivazione del pectoralis major durante l'estensione della spalla. I risultati indicano che, a differenza del gruppo di controllo, la maggioranza dei soggetti con MDI non sono riusciti a mostrare un pattern di attivazione e deattivazione per ciascuna fase del compito da eseguire. Per la flessione/estensioni i soggetti con MDI hanno mantenuto bassi livelli di attività che si sono mantenuti tali durante la maggior parte del range di movimento dell'intero compito da eseguire (180 gradi), mentre i soggetti di controllo hanno dimostrato pattern distinti di attivazione e deattivazione per ciascuna delle fasi separate. Questo fenomeno particolare non è stato osservato nel gruppo MDI né per l'adduzione/abduzione, né per le rotazioni interne/esterne. I risultati mostrano che il pattern di attività differiva tra i due gruppi a causa del termine dell'attività del muscolo, rispetto al suo inizio. Soggetti con MDI hanno sostenuto bene l'attività del pectoralis major durante la flessione e hanno dimostrato livelli normalizzati di attivazione che erano minori del 68% rispetto ai valori del gruppo di controllo.

Si può quindi concludere che questa ricerca ha identificato pattern atipici di attivazione per i muscoli supraspinatus, infraspinatus, deltoide posteriore e pectoralis major di soggetti con MDI, particolarmente quando la spalla era ruotata verso l'esterno nella posizione di abduzione. Diversi studi hanno dimostrato che l'instabilità anteriore (Lephart et al., 1994; Warner et al., 1996; Zuckerman et al., 2003) e lassità dell'articolazione clinicamente determinata (Blasier et al., 1994) sono associati con mancanze propriocettive della spalla. Recentemente Barden et al. (2004) ha dimostrato che soggetti con MDI non sono in grado di usare la propriocezione dinamica per riposizionare il braccio in modo accurato, come fanno i soggetti del gruppo di controllo con spalle normali e sane. Dato che l'eccessiva lassità capsulare rappresenta una delle caratteristiche dell'MDI, è plausibile che una mancanza di tensione nei legamenti glenomeranti e nella capsula di articolazione circostante possa far precipitare una stimolazione diminuita degli afferenti locali propriocettivi nella spalla. Una mancanza nella capacità generativa di feedback propriocettivo potrebbe fornire un meccanismo potenziale per mostrare come l'attività atipica della spalla avvenga nella MDI. I risultati della presente ricerca suggeriscono anche che esercizi di allenamento neuromuscolare della cuffia dei rotatori (Kiss et al., 2001; Lephart and Henry, 1996; Swanik et al., 2002) dovrebbero essere inseriti di routine nei programmi di terapia generalmente prescritti a pazienti con MDI. Studi futuri dovrebbe utilizzare l'EMG per determinare il ruolo funzionale e/o la disfunzione di singoli muscoli della spalla per un numero più alto di condizioni di movimento limitati ed illimitati. Ciò dovrebbe condurre ad una maggiore comprensione della complessa patologia-eziologia dell'instabilità multidirezionale della spalla.

Uno studio di Arpad Illyes e Rita M. Kiss²³ ha cercato di mettere in evidenza quale fosse l'attività EMG dei muscoli del cingolo scapolare e di fare un'analisi tridimensionale del movimento durante l'elevazione del braccio, in spalle che erano affette da instabilità multidirezionale.

Lo studio ha coinvolto 15 pazienti con instabilità multidirezionale e 15 soggetti con spalle nella norma. Entrambe le spalle sono state testate in ciascun paziente. I pazienti con instabilità multidirezionale della spalla sono stati testati dopo la diagnosi clinica e non hanno ricevuto nessun trattamento prima di essere sottoposti ai test. Quando si parla di instabilità multidirezionale bisogna attuare una distinzione in tre gruppi:

- trauma acuto, trauma ripetuto, non trauma
- lassismo delle articolazioni generalizzato o lassismo limitato alla spalla
- sintomi unilaterali o bilaterali

Delle 30 spalle testate, 18 erano sintomatiche e 12 asintomatiche. 9 soggetti erano sintomatici bilateralmente, mentre 6 unilateralmente, 4 di questi 6 soggetti avevano sintomi nell'arto dominante, mentre 2 in quello non dominante.

I pazienti inclusi nel gruppo di quelli con instabilità multidirezionale rispecchivano i seguenti criteri:

- incapacità di mantenere la testa dell'omero nella fossa glenoidea, specialmente in posizione non estrema
- l'assenza di un infortunio capace di strappare i legamenti glenomerali
- riduzioni spontanee delle traslazioni
- traslazioni gleno-omerali
- una resistenza diminuita alla traslazione in direzioni multiple
- assenza di lesioni traumatiche.

Ai partecipanti al test è stato chiesto di indicare l'arto dominante.

Le coordinate spaziali dei 16 punti anatomici atti a determinare i parametri cinematici sono state quantificate da un analizzatore di movimento ad ultrasuoni.

Il rapporto scapolotoracico e il rapporto scapologleideo mostrano differenze significative tra il gruppo di pazienti con spalle affette da instabilità multidirezionale e i pazienti "normali".

Il ritmo scapolotoracico di spalle sane è bilineare mentre sia il ritmo glenomerale che il ritmo scapolotoracico di spalle affette da instabilità multidirezionale è lineare.

Per l'analisi dinamica del movimento la posizione della scapola e dell'omero è stata analizzata in termini di distanza massima e minima dei centri di rotazione della scapola e dell'omero e della dislocazione assoluta e relativa del centro di rotazione.

Nel caso delle articolazioni della spalla affette da instabilità multidirezionale bisogna considerare se l'instabilità è identica in tre direzioni spaziali.

Per alcune persone del gruppo di controllo il tricipite brachiale, il bicipite brachiale e il pettorale maggiore sono inattivi durante tutto il movimento, mentre per altre questi muscoli hanno dato segni di attività in alcune fasi del movimento.

In 11 spalle affette il muscolo pettorale maggiore è stato inattivo in tutto il periodo del movimento. La durata del periodo di attività del muscolo pettorale maggiore, la parte anteriore, centrale e posteriore del muscolo deltoide di spalle affette da instabilità multidirezionale è diminuita significativamente; la durata del periodo di attività del muscolo sopraspinato, infrapinato, del bicipite e del tricipite brachiale è aumentata significativamente. Abbiamo osservato che i pazienti con instabilità multidirezionale generalmente mostrano significative alterazioni nella cinematica della spalla quando li si confronta con le spalle non

affette o con quelle dei volontari. Le dislocazioni anteriori, posteriori e inferiori delle spalle con instabilità multidirezionale possono essere appropriatamente modellate con le relative dislocazioni tra i centri di rotazione di scapola e omero. L'attività più breve del muscolo pettorale maggiore e delle tre parti del muscolo deltoide; e l'attività più lunga del muscolo soprascapolato, del bicipite brachiale e dell'infrascapolato assicurano la centralizzazione della testa glomerale della spalla con instabilità multidirezionale.

In uno studio di Alfred D. Morris²⁴ et al. stata studiata l'attività muscolare nell'instabilità della spalla e nella lassità multidirezionale, essendo la nostra ipotesi che l'attività del muscolo modificata svolga un ruolo nell'insorgenza della patologia. Sei muscoli(soprascapolato, infrascapolato, sottoscapolare, deltoide anteriore, medio e posteriore) sono stati studiati usando esame EMG in 7 spalle normali, in 5 spalle con lassità multidirezionale, in 6 spalle con instabilità multidirezionale. I soggetti sani avevano un età media di 29 anni, un peso medio di 77 kg ed un altezza di 177 cm, i soggetti con lassità multidirezionale avevano un età media di 27 anni, un peso medio di 68 kg ed un altezza media di 175 cm, i pazienti con instabilità multidirezionale avevano un età media di 27 anni, un peso medio di 60 kg ed un altezza media di 168 cm. I pazienti con instabilità multidirezionale avevano sintomi di dolore e instabilità di spalla, avevano il sulcus sign positivo ed il draw test anteriore e posteriore positivo ed associato ad apprensione. Non avevano storia di incidenti significativi alla spalla. I pazienti con lassità multidirezionale avevano un segno del solco positivo e draw test anteriore e posteriore positivo bilateralmente ma non avevano sintomi alla spalla. Nessuno dei soggetti era affetto da lassità generalizzata. Ogni soggetto ha eseguito 5 tipi di esercizio (rotazione neutra, 45° di abduzione, 90° di abduzione, flessione/estensione, e abduzione/ adduzione) con un dinamometro muscolare isocinetico a 2 livelli, 90°/s e 180°/s. Nei soggetti con instabilità multidirezionale comparati con i soggetti normali, i patterns di attivazione del deltoide anteriore furono diversi durante le rotazioni in posizioni neutrali e a 90° di abduzione, mentre i pattern di attivazione del deltoide posteriore e medio erano diversi durante le rotazioni a 90° di abduzione. Nei soggetti con lassità multidirezionale, il deltoide posteriore mostrava attività aumentata confrontata con i soggetti normali durante l'adduzione. I patterns di attivazione del soprascapolato, infrascapolato, e sottoscapolare appariva simile in entrambi i gruppi. È inoltre importante osservare che le anomalie sono nel deltoide e non nei muscoli della cuffia dei rotatori.

La traslazione aumentata della testa omerale in direzioni multiple è una scoperta normale se il soggetto è asintomatico., questa è definita lassità multidirezionale. Comunque queste spalle possono divenire sintomatiche causando disturbo e instabilità. Questa è chiamata disturbo

multidirezionale. L'instabilità multidirezionale è una diagnosi relativamente nuova descritta per la prima volta da Neer e Foster nel 1980, è una condizione complessa, ancora poco conosciuta e poco si sa della sua patofisiologia. Si è pensato che la coordinazione alterata della spalla, l'alterato pattern di attivazione muscolare possano essere coinvolti nella patofisiologia dell'instabilità multidirezionale. La maggior parte dei pazienti con instabilità multidirezionale rispondono a un trattamento riabilitativo, qualche paziente non risponde positivamente al trattamento fisioterapico e ciò è probabilmente dovuto al fatto che il programma riabilitativo è rivolto ad attività muscolari errate. La nostra ipotesi era che l'attività muscolare sarebbe stata eccessiva nell'instabilità multidirezionale e che questo poteva essere trovato anche nella lassità multidirezionale.

I patterns di attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori (sopraspinato, infraspinato e sottoscapolare) erano simili in tutti e tre i gruppi per ogni esercizio. Le differenze stavano nei tre componenti del deltoide. Lo schema di attivazione del deltoide medio era diverso per i soggetti con instabilità multidirezionale durante l'esercizio di rotazione interna/ esterna a 90° di abduzione a una velocità di 90°/s mostrando una diminuzione precedente nell'attivazione durante la fase di rotazione esterna confrontata con i soggetti in controllo. Uno schema simile è stato trovato nell'esercizio a 180°/s. L'attività del deltoide posteriore era anche diversa nei soggetti con instabilità multidirezionale durante l'esercizio di rotazione interna/ esterna a 180°/s con un basso livello di attività durante la prima parte della rotazione interna. Un simile schema è stato trovato ad una velocità di 90°/s ed è stato inoltre visto che l'attività del deltoide anteriore era diversa durante la rotazione interna ed esterna a 180°/s in posizione neutra. Il livello medio sia durante la rotazione interna che durante la rotazione esterna è quasi costante. I pattern di attivazione del deltoide posteriore erano diversi nei soggetti con instabilità multidirezionale durante la rotazione interna/ esterna a 90°/s mostrando una rapida diminuzione durante la rotazione esterna.

Dai dati EMG si può concludere che una diminuzione dell'attività elettromiografica del deltoide medio e posteriore durante la rotazione esterna porta la testa omerale ad un'eccessiva traslazione anteriore a causa del deficit di stabilizzazione del deltoide anteriore. Se aumenta la velocità di esecuzione è stato visto che i problemi aumentano ancora di più. Durante la rotazione interna è stato inoltre visto che il deltoide posteriore aveva un'attività elettromiografica ridotta, suggerendo che la sua funzione di stabilizzatore durante la rotazione interna veniva meno, favorendo quindi un'eccessiva traslazione della testa omerale in direzione posteriore. Tutte le anomalie sono state riscontrate in pazienti con instabilità multidirezionale e non nei pazienti con lassità multidirezionale. Nei pazienti con lassità

multidirezionale è stata riscontrata una ridotta attività del deltoide posteriore durante l'abduzione ma un aumento dell'attività elettromiografica del deltoide posteriore durante l'adduzione, ciò porta a pensare che svolga una funzione di stabilizzazione durante l'adduzione per compensare la lassità articolare; questa stabilità è invece persa nelle spalle con instabilità multidirezionale.

Lo schema di attività dei muscoli della cuffia dei rotatori era invece simile in tutti e tre i gruppi, ciò è sorprendente poiché forniscono le forze stabilizzanti all'articolazione. Nelle spalle è inoltre stato ritrovato uno squilibrio di forza dei muscoli, che può portare a mancata coordinazione e all'insorgere della patologia. Nei soggetti con lassità multidirezionale è stata trovata una ridotta forza in rotazione interna, che è invece più forte nei soggetti con instabilità multidirezionale. Si può concludere che nei pazienti con lassità multidirezionale vi è un meccanismo di compenso da parte del deltoide posteriore che manca nei pazienti con instabilità multidirezionale

Uno studio di Kronberg M. et al²⁵ ha cercato di mettere in evidenza quali erano le differenze di attività muscolare tra pazienti che avevano una lassità generalizzata se confrontati con pazienti normali.

Lo scopo di questo studio era di analizzare l'attività muscolare in pazienti con lassità generalizzata e instabilità di spalla e confrontare questi risultati con l'attività muscolare di soggetti sani. Fu registrata l'attività elettromiografica di otto muscoli della spalla in sei pazienti usando elettrodi con fili sottili, sia intramuscolari che in superficie. Le registrazioni furono fatte dal sottoscapolare, sopraspinoso, infraspinato, pettorale maggiore (parte sternoclavicolare), la parte anteriore, media e posteriore del deltoide, e dal gran dorsale. Durante l'abduzione e la flessione, l'attività muscolare nella parte anteriore e mediana del deltoide era significativamente aumentata nei pazienti, così come l'attività di rotazione interna nel sottoscapolare era aumentata. Come nei soggetti sani, i pazienti mostrarono attività simultanea in entrambi i muscoli che producevano il movimento e nei muscoli antagonisti. L'attività muscolare modificata osservata in pazienti con lassità fornisce una base per capire e conoscere il meccanismo dell'instabilità della spalla e una logica per impostare un programma di riabilitazione.

Uno studio di Pande P et al²⁶ ha analizzato l'attività elettromiografica dei muscoli del cingolo scapolare durante la sublussazione posteriore volontaria dell'articolazione gleno omerale in 4 individui. Benché c'era molta variazione dei patterns di attivazione muscolare durante la sublussazione, i soggetti o spingevano indietro la testa dell'omero con i muscoli anteriori, il deltoide o il bicipite, o tiravano la testa dell'omero all'indietro con il deltoide posteriore o

l'infraspinato. In tutti i casi l'inibizione dei muscoli della cuffia dei rotatori e l'oscillazione della scapola accompagnavano questo movimento. Il metodo usato in questo studio è presentato come una tecnica oggettiva per quantificare l'attività EMG durante la sublussazione e durante la fase di riduzione della sublussazione.

Uno studio di Glousman R et al²⁷ si è preoccupato inoltre di evidenziare l'attività elettromiografica durante la fase del lancio in spalle instabili. Quindici atleti maschi che erano lanciatori e che avevano un'instabilità cronica della spalla furono valutati attraverso l'attività elettromiografica mentre facevano il gesto del lanciare. Fu registrato il livello di attività del bicipite, del deltoide medio, del sovraspinoso, dell'infraspinato, del grande pettorale, del sottoscapolare, del grande dorsale, del dantato anteriore durante tutta la fase del lancio. La sequenza fu divisa in 5 fasi: wind-up, early cocking, late cocking, acceleration, and follow-through. I risultati furono confrontati con studi identici precedenti di 12 atleti maschi in buona salute e senza infortuni e che erano allenati nel gesto del lancio. L'attività del sovraspinoso e del bicipite aumentava nel gruppo 1 se paragonato al gruppo 2, simili schemi di attività erano dimostrati nel deltoide. Nel gruppo 1 l'infraspinato aveva aumentato la sua attività durante la fase di early cocking e follow-through ma aveva diminuito l'attività durante la fase di late cocking. Il pettorale maggiore, il sottoscapolare, il latissimus dorsi, e il serrato anteriore dimostravano di aver tutti diminuito l'attività significativamente. Lo studio dimostrò una differenza tra il gruppo 1 e il gruppo 2 in tutti i muscoli della spalla che erano testati con l'eccezione del deltoide. I livelli di attività lievemente aumentati del bicipite e del sovraspinato che furono trovati nel gruppo 1 possono compensare l'instabilità anteriore. La riduzione nell'attività notata nel pettorale maggiore, del sottoscapolare e del latissimus dorsi aggiunta all'instabilità anteriore produceva una diminuzione della rotazione interna che è necessaria durante la fase di late cocking e accelerazione.

3.2.7 Alterazioni cinematiche scapolari associate a capsulite adesiva o rigidità della spalla

Secondo Paula Ludewing solo recentemente i ricercatori hanno iniziato a studiare la cinematica scapolare durante l'elevazione dell'omero in soggetti con capsulite adesiva o rigidità della spalla. Tre studi hanno identificato aumenti notevoli nella rotazione scapolare verso l'alto nel lato affetto dei soggetti con capsulite adesiva se confrontati con il loro lato non colpito. Vermeulen et al sono inoltre stati in grado di mostrare un cambiamento verso una rotazione scapolare più "normalizzata" dopo un intervento di terapia fisica, sostenendo la

premessa che la rotazione scapolare interna verso l'alto era compensatoria per massimizzare l'ampiezza generale del movimento overhead di una mobilità ridotta all'articolazione glomerale.

Lin e i suoi colleghi hanno separato le spalle rigide in rigidità anteriore e posteriore dell'articolazione glomerale. Hanno scoperto che quelle con una rigidità anteriore dell'articolazione della spalla hanno dimostrato una maggiore rotazione scapolare verso l'alto e una minore inclinazione posteriore se confrontate agli individui con rigidità posteriore. Tuttavia, non hanno confrontato la cinematica scapolare a un gruppo di controllo o al braccio sano. In più, il deficit del range del movimento era in predominanza nella rotazione interna/esterna omerale, piuttosto che nelle elevazioni omerali. Perciò, questi soggetti non sono stati identificati come rappresentanti di un gruppo con capsulite adesiva ma descritti come aventi rigidità posteriore o anteriore.

Riassumendo, alterazioni nel movimento o nella posizione scapolare o clavicolare sono presenti nelle persone con vari disturbi alle spalle. Ma la natura causale o compensatoria di queste alterazioni cinematiche e le loro associate implicazioni biomeccaniche riguardanti la funzione della cuffia dei rotatori rimane speculativa. Senza prendere in considerazione la loro natura causale o compensatoria, tuttavia, è interessante capire i meccanismi biomeccanici che hanno contribuito a queste alterazioni. I fattori presunti nocivi che contribuiscono a queste alterazioni potrebbero essere il punto centrale per la riabilitazione. In alternativa, ai pazienti potrebbe venire insegnato come produrre una deviazione compensatoria ritenuta benefica per ridurre il dolore o migliorare funzione o stabilità

3.2.8 Potenziali biomeccanici che contribuiscono alle alterazioni della cinematica scapolare

I meccanismi che potenzialmente contribuiscono a cinematiche scapolari anormali includono dolore, rigidità dei tessuti molli, attivazione dei muscoli o squilibri nella forza, affaticamento muscolare e postura del torace. Nei pazienti l'attivazione muscolare è il fattore più comunemente studiato; ma queste alterazioni dell'attività muscolare non sono di solito direttamente collegate alle alterazioni della cinematica scapolare. Nei soggetti con impingement o disfunzione della spalla sono state trovate attivazioni del muscolo serrato anteriore significativamente minori e una maggiore attivazione del trapezio superiore negli stessi soggetti con minore rotazione scapolare verso l'alto e inclinazione posteriore, così come una maggiore elevazione scapolare. Considerando queste scoperte con la comprensione

dell'abilità di questi muscoli di produrre o controllare la rotazione scapolare, la minore attivazione del serrato potrebbe essere critica per contribuire alla minore inclinazione posteriore e rotazione verso l'alto osservata durante le disfunzioni. Bisognerebbe tenere a mente, però, che questa è un'interpretazione dei risultati di questi studi, poiché le relazioni fra l'attivazione muscolare e le cinematiche scapolari non erano scoperte dirette di questi studi. Molte altre ricerche forniscono un supporto per la premessa di una minore attivazione del serrato e/o una maggiore attivazione del trapezio superiore in una varietà di pazienti attraverso vari compiti, inclusi nuotatori con dolore alle spalle, persone con spalla congelata, lanciatori con instabilità glenomerale anteriore, atleti overhead con la sindrome di impingement o persone con varie patologie all'articolazione della spalla. È stata inoltre identificata una minore forza di protrazione negli atleti overhead con impingement se confrontati con il loro lato non coinvolto o il gruppo di controllo. Nessuna di queste ultime ricerche ha tuttavia misurato simultaneamente la cinematica scapolare.

È stata anche studiata la sincronizzazione dell'attivazione del muscolo scapolo-toracico. Lo schema di incremento temporale del trapezio superiore e inferiore e del serrato anteriore hanno dimostrato una variabilità decisamente maggiore nei nuotatori agonistici di stile libero con impingement alla spalla se confrontati con un gruppo di controllo di nuotatori agonistici che non nuotavano a stile. L'attivazione significativa ritardata del trapezio medio e inferiore è stata dimostrata negli atleti overhead con impingement alla spalla, se confrontati con un gruppo di controllo in risposta a un'inaspettata caduta del braccio da una posizione di abduzione. Simile alle scoperte cinematiche, anche se si crede generalmente che queste attivazioni muscolari alterate contribuiscano alle cinematiche scapolari anormali e alla patologia della spalla, attualmente non può essere accertato un meccanismo di controllo motore compensatorio o causativo.

Anche l'influenza del dolore sugli schemi di attivazione del muscolo è poco compresa. È interessante il fatto che il dolore indotto sperimentalmente attraverso l'iniezione di soluzione salina ipertonica direttamente nelle divisioni del trapezio superiore, medio e inferiore in soggetti altrimenti sani è risultato, nel lato dolorante, nella minore attivazione del trapezio superiore e in quella maggiore del trapezio inferiore e, nel lato controlaterale, nell'aumentata attivazione del trapezio durante la flessione bilaterale ripetitiva. Sono necessari ulteriori studi riguardanti l'influenza dell'induzione o dell'eliminazione del dolore e la relazione tra lo stato doloroso, l'attivazione muscolare e la cinematica scapolare.

Un altro modello per collegare gli schemi di attivazione del movimento muscolare all'alterazione nella cinematica scapolare è l'induzione sperimentale di affaticamento

muscolare. Tuttavia, nessuno degli studi relativi all'affaticamento muscolare identificati finora ha tentato specificatamente di sottoporre ad affaticamento i muscoli scapolo-toracici isolati, e questa incapacità di affaticare specificatamente un singolo muscolo o un gruppo di muscoli complica ulteriormente l'interpretazione delle scoperte. In risposta a un protocollo di affaticamento di una resistita rotazione esterna omerale, uno studio ha dimostrato riduzioni significative nella rotazione scapolare verso l'alto, nell'inclinazione posteriore e nella rotazione esterna post-affaticamento. Tuttavia, un altro studio che introduceva l'affaticamento attraverso la rotazione esterna omerale resistita ha trovato aumenti significativi, invece di diminuzioni, nella rotazione scapolare verso l'alto. Le scoperte erano simili in direzione tra i 2 studi per l'inclinazione posteriore ridotta post-affaticamento. Quando si affaticano le spalle attraverso attività overhead ripetitive o elevazione resistita, dopo l'affaticamento sono stati trovati aumenti significativi nella rotazione scapolare esterna e verso l'alto, così come aumenti nella retrazione clavicolare o diminuzioni nel rapporto del ritmo scapolo-omeroale, compatibile con l'aumentata rotazione scapolare verso l'alto. L'affaticamento era presente nei muscoli deltoidi, così come nei muscoli scapolo-toracici. Poiché tutti questi studi hanno tentato di generare, o hanno generato, l'affaticamento nei muscoli attorno all'articolazione glenomeroale, i cambiamenti cinematici scapolari e clavicolari sono stati principalmente ritenuti compensazioni positive per mantenere il range del movimento. Anche se da queste ricerche è chiaro che l'affaticamento dei muscoli della spalla può alterare la cinematica scapolo-toracica, non sono attualmente conosciute relazioni dirette tra l'affaticamento di muscoli specifici isolati e cambiamenti nella cinematica scapolo-toracica. Dunque tutti questi studi sono stati completati su soggetti sani; perciò l'importanza clinica per le popolazioni di pazienti è sconosciuta.

La rigidità dei tessuti molli dei muscoli o le delle strutture che possono limitare i normali movimenti scapolari durante l'elevazione del braccio è un altro potenziale meccanismo per lo sviluppo delle alterazioni scapolo-toraciche osservate nei pazienti. Le due rigidità che sono state prese in considerazione sono la rigidità del pettorale minore e della capsula posteriore. Il pettorale minore, che ricordiamo origina dal processo coracoideo e termina a livello della terza, quarta, e quinta costa, è in grado di produrre rotazione interna scapolare, rotazione verso il basso e inclinazione anteriore. Un eccesso di tensione attiva o passiva in questo muscolo potrebbe ostacolare la normale rotazione scapolare verso l'alto, l'inclinazione posteriore, e potenzialmente la rotazione scapolare esterna che dovrebbe avvenire durante l'elevazione del braccio. Quando i soggetti sani sono stati categorizzati come aventi una lunghezza a riposo del pettorale minore corta o lunga, quelli che avevano un piccolo pettorale

accorciato ha dimostrato un'inclinazione posteriore significativamente minore e una maggiore rotazione interna durante l'elevazione del braccio.

La rigidità nella capsula posteriore dell'articolazione glomerale o della spalla superiore è stata anche teorizzata come un potenziale meccanismo di alterazione della cinematica scapolare "tirando" passivamente la scapola lateralmente sopra al torace, soprattutto durante la rotazione omerale interna con il braccio in posizioni elevate. In uno studio successivo i soggetti che non avevano nessun sintomo eccetto un deficit del range del movimento della rotazione glomerale interna nel loro braccio dominante (indice di rigidità alla spalla posteriore) sono stati confrontati ad un gruppo di controllo composto da soggetti senza quel deficit. Il posizionamento scapolare è stato misurato alla rotazione interna omerale fine-range, con l'omero alzato di 90° sia in posizioni di flessione che in posizioni di abduzione. Il gruppo con il minore range di movimento della rotazione interna dell'articolazione glomerale ha dimostrato un'inclinazione scapolare anteriore significativamente maggiore in posizioni di rotazione omerale interna fine-range. Entrambi questi studi hanno testato soggetti senza dolori o patologie alla spalla, rimuovendo qualsiasi effetto del dolore che poteva generare confusione nelle scoperte cinematiche. Questo approccio investigativo suggerisce che queste aree di rigidità dei tessuti molli sono potenziali fattori di rischio per le alterazioni scapolari cinematiche associate all'impingement, ma le scoperte devono essere confermate nelle popolazioni di pazienti.

Anche la postura toracica è stata collegata alle alterazioni nel posizionamento scapolare. Quando ai soggetti è stato chiesto di assumere una posizione seduta "ciondolante" e alzare il braccio sono state riportate una rotazione scapolare verso l'alto e un'inclinazione posteriore significativamente ridotte, così come un'augmentata rotazione scapolare interna e un'elevazione scapolare. Inoltre l'augmentata inclinazione scapolare e la rotazione scapolare interna sono state dimostrate con il braccio rilassato a lato in donne con un'augmentata cifosi toracica, così come è stata dimostrata un'augmentata inclinazione scapolare anteriore con l'avanzare dell'età. Sono state inoltre identificate correlazioni significative tra l'età avanzata e la riduzione nell'inclinazione posteriore e rotazione verso l'alto in posizioni elevate del braccio anche se la postura toracica come un possibile fattore contributivo non è stata affermata in quello studio.

In aggiunta alle prove di alterazioni cinematiche scapolari associate a patologie all'articolazione glomerale, c'è un supporto scientifico per un numero di fattori biomeccanici come potenziali meccanismi contributivi a queste alterazioni scapolari cinematiche. Questi includono alterazioni nell'attivazione muscolare (in particolare

l'aumentata attivazione del trapezio superiore e quella diminuita del serrato anteriore), rigidità del pettorale minore o della spalla posteriore e cifosi toracica o posizione flessa toracica . Questi fattori dovrebbero essere considerati nella valutazione e nell'intervento clinici per tali condizioni delle spalle.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Si può concludere innanzi tutto che non vi è sostanziale differenza tra il ritmo scapolo-omerale che si trova in spalle dominanti rispetto a spalle non dominanti nell'attività elettromiografica durante il facile compito di alzare e abbassare il braccio su di un piano scapolare, e questo è di fondamentale importanza nella pratica clinica, poiché ci suggerisce di poter osservare con gli stessi parametri di riferimento i due complessi scapolari, anche se per quanto riguarda i singoli patterns muscolari è stato verificato e dimostrato che si attivano in maniera diversa. Questo movimento scapolo omerale uguale tra le due spalle è però diverso se è presente un carico esterno, che aumenta la possibilità di alterazioni scapolo-omerale soprattutto se è tenuto sopra la testa.. Dalla letteratura emerge anche in maniera chiara che è pressoché impossibile individuare fattori eziologici responsabili delle disfunzioni del cingolo scapolare, ma è altrettanto chiaro che vi sono dei fattori di rischio funzionali e strutturali che vanno presi in considerazione durante l'esame clinico dell'articolazione gleno-omerale. È stato inoltre verificato che un alterazione dei muscoli del cingolo scapolare può portare ad innescare alterazioni cinematiche che possono portare a patologie gleno-omerale. È bene dire che l'alterazione del movimento si può verificare in seguito ad esercizi di resistenza dei muscoli della cuffia, suggerendo quindi che il pattern di movimento si può alterare in seguito alla fatica muscolare e che quindi un programma riabilitativo che miri alla guarigione e alla prevenzione delle ricadute deve anche mirare a recuperare tale aspetto. Dagli studi elettromiografici su spalle sane è inoltre emerso che l'attività muscolare è molto importante soprattutto nel range di mezzo, mentre nelle posizioni estreme del movimento è molto più importante il ruolo degli stabilizzatori passivi.

Per quanto riguarda l'impingement, sia interno che esterno, sono presenti alterazioni del cingoloscapolare, tuttavia sono difficili da schematizzare poiché l'origine di questi problemi è multifattoriale e può quindi generare diversi compensi neuro-muscolari, anche perché ancora oggi non si conosce quali siano gli impatti di età, sesso, esposizione di lavoro sopra la testa sul movimento toracico. Dalla letteratura si può ipotizzare che durante l'impingement vi sia un aumentata rotazione verso l'alto, un incrementato tipping anteriore e un incrementata rotazione mediale sotto le condizioni di peso. Si può affermare che in letteratura si trova per lo più in pazienti con patologia da impingement un'iperattivazione del trapezio superiore rispetto al trapezio inferiore e ad una diminuita attività del dentato anteriore. Quando si è in presenza di una lesione della cuffia dei rotatori la letteratura dimostra che vi è una traslazione

antero-superiore della testa omerale e che il meccanismo di compenso consiste in un'elevazione della scapola durante il meccanismo di abduzione, che deve essere visto però come un compenso positivo. Per quanto riguarda invece l'instabilità si è potuto notare invece che vi è una rotazione scapolare verso l'alto diminuita nella prima fase dell'elevazione, dopodiché invece il contributo scapolare è decisamente aumentato, studi inoltre hanno dimostrato un winding scapolare aumentato. Tuttavia è bene dire che la natura investigativa di questi studi non fornisce prove definitive per i meccanismi causali o compensatori delle alterazioni cinematiche. Questo meccanismo di compensazione verso l'alto non costituisce un meccanismo di compensazione positivo poiché nell'instabilità multidirezionale contribuisce all'instabilità inferiore dell'articolazione. Si può inoltre dire che gli studi hanno dimostrato pattern atipici di attivazione muscolare per il muscolo sopraspinatus, infraspinatus, deltoide posteriore e pettorale maggiore, soprattutto quando la spalla si trova in una posizione di abduzione e di extrarotazione a 90°. In caso di instabilità anteriore è inoltre stato dimostrato l'importante ruolo del sottoscapolare per evitare la lussazione anteriore e il fondamentale ruolo del trapezio inferiore per la stabilità della spalla. Anche in caso di capsulite adesiva gli studi dimostrano che vi è una rotazione scapolare verso l'alto aumentata compensatoria. In tutte le alterazioni cinematiche bisogna però anche tenere conto anche dell'importante ruolo del dolore, della postura, della rigidità capsulare e dei tessuti molli e dell'affaticamento muscolare.

Il piano di intervento dovrebbe venire direttamente in seguito alla valutazione clinica e dovrebbe incorporare un'attuale comprensione della biomeccanica della spalla, di alterazioni cinematiche e proposti meccanismi biomeccanici di alterazione cinematica. Oltre al controllo del dolore, l'attuale stato di pratica per lo più incorpora esercizio terapeutico nel management conservativo di problemi alla spalla. Compatibile con l'enfasi di questo scritto, la nostra discussione si concentrerà sul trattamento diretto alle identificate cinematiche scapolari e alle alterazioni dell'attività muscolare. Non stiamo sostenendo la mancanza di attenzione nei confronti dell'articolazione glenomeroale nel piano di trattamento. Infatti, recenti ricerche di training eccentrico nella riabilitazione delle patologie al tendine suggeriscono che la considerazione di questo approccio può essere benefica per alcuni pazienti con tendinopatia alla cuffia dei rotatori. È inoltre probabilmente richiesta una maggiore enfasi sul training della cuffia dei rotatori per i pazienti per i quali l'instabilità glenomeroale è il disturbo principale, o che contribuisce all'impingement secondario. In generale, raccomandiamo di individuare i muscoli o le strutture che possono limitare i movimenti scapolari desiderati per stretching e i muscoli che possono produrre movimenti scapolari desiderati per rafforzamento. È importante

riconoscere che il rafforzamento muscolare non è specificamente il produttore dell'ipertrofia muscolare, ma include anche contributi neuromuscolari per l'aumento della produzione della forza muscolare o il miglioramento dell'attivazione o la sincronizzazione muscolare. Molti programmi di esercizio nella pratica clinica usano una resistenza leggera o moderata al di sotto della soglia che potrebbe creare ipertrofia muscolare. Susseguentemente, i miglioramenti della forza notati in questi esercizi sono collegati agli adattamenti neuromuscolari. Gli esercizi di resistenza che individuano muscoli specifici sono più comunemente studiati nelle letterature, e verranno discussi sotto. Tuttavia, altri approcci di esercizi neuromuscolari necessitano ulteriori studi.

Basandoci sui fattori biomeccanici discussi sopra, per quanto riguarda lo stretching, il pettorale minore e la capsula posteriore dell'articolazione glomerale sono potenziali candidati per lo stretching in pazienti con alterazioni cinematiche scapolari. Questo approccio presuppone preoccupazioni che si confermano con i muscoli o le strutture individuate durante il processo di valutazione clinica. Per esempio, se un paziente non presenta nessuna indicazione di rigidità alla spalla posteriore, non è ritenuto necessario uno stretching della spalla posteriore. Il *rationale* per lo stretching all'articolazione glomerale posteriore si collega alle alterazioni nella posizione scapolare dimostrate nei soggetti con rigidità alla spalla posteriore. Sono stati sostenuti vari metodi di stretching per entrambi questi tessuti. Anche se la letteratura è limitata ci sono degli studi che hanno confrontato i metodi per allungare adeguatamente il tessuto individuato. McClure et al. ha confrontato l'efficacia di un "sleeper stretch" ritenuto responsabile di una migliore stabilizzazione della scapola, a un più tradizionale "cross-body stretch" per la rigidità capsulare posteriore. Il range del movimento della rotazione interna passiva nei pazienti asintomatici era la misura che ha avuto esito dopo un programma di stretching di quattro settimane. Entrambi i gruppi di stretching sono stati inoltre confrontati con un gruppo di controllo che non ha effettuato lo stretching. Entrambi i gruppi di stretching hanno mostrato miglioramenti significativi nei soggetti nel range del movimento, se confrontati con il loro lato che non ha subito lo stretching. Sorprendentemente, tuttavia, solamente il gruppo che ha fatto lo stretching "cross-body" ha dimostrato un miglioramento significativo se confrontato con il gruppo di controllo. E' stato inoltre confrontato in soggetti sani il cambiamento della lunghezza media del pettorale minore proponendo tre esercizi di stretching. Gli esercizi comprendevano unilaterale auto-stretch o "corner stretch", e stretching manuali da seduti e da supini. Il "corner-stretch" unilaterale consiste nello stare in piedi di fronte all'angolo di due muri posizionando la mano della spalla ad allungarsi contro il muro con l'omero abdotta di 90 gradi e il gomito flesso di 90 gradi.

Quindi, il paziente ruota il torso in direzione contraria dalla spalla per lo stretching finché non viene percepito un leggero tiramento del muscolo pettorale. Il “corner stretch” ha dimostrato il maggiore cambiamento di lunghezza, seguito dallo stretching manuale supino. Questo suggerisce che un “corner stretch” può essere più efficace nell’allungare il pettorale minore; tuttavia, i soggetti non stati seguiti nel tempo in una prova controllata randomizzata. Sono garantite ulteriori ricerche riguardanti gli approcci più efficaci per lo stretching di entrambi questi tessuti.

Riteniamo inoltre che il rafforzamento o il riallenamento del muscolo serrato anteriore necessita un’attenzione sostanziale nel trattamento dei pazienti con dolore alla spalla e associate alterazioni del movimento scapolare. Questa raccomandazione è basata sulle capacità biomeccaniche del serrato anteriore come unico muscolo scapolo-toracico che può produrre tutte le rotazioni scapolari tridimensionali desiderate della rotazione verso l’alto, inclinazione posteriore dell’articolazione AC, e la rotazione esterna dell’articolazione AC. Ha ampi bracci di leva (moment arms) per produrre queste rotazioni scapolari, e la letteratura dimostra un’attivazione ridotta nei soggetti con dolore alla spalla e impingement. Il ruolo del serrato anteriore come rotatore esterno della spalla all’inizio può sembrare poco intuitivo dato che la sua linea laterale di tiro intorno al torace è stata spesso descritta nel serrato anteriore come creatrice della protrazione della spalla. Questa protrazione avviene con la clavicola che si protrae sul torace all’articolazione SC. Prima che possa avvenire questa rotazione dell’articolazione secondaria, la linea di azione del serrato anteriore come prima cosa tirerà il bordo vertebrale e l’angolo inferiore della scapola in direzione della gabbia toracica, creando una rotazione esterna della scapola nell’articolazione AC, e stabilizzando la scapola sul torace quando avviene la protrazione della clavicola. Un numero di esercizi basati sulla valutazione elettromiografia, tipicamente in soggetti sani, sono stati sostenuti per attivare il muscolo serrato anteriore. Questi hanno incluso esercizi “push-up plus” e “push-up progression”, the “dynamic hug”, pugno da supini, ed esercizi “wall-slide”. Se un paziente inoltre dimostra un eccesso di elevazione clavicolare durante l’elevazione omerale, potrebbe avvenire un’eccessiva attivazione del trapezio superiore. Se ciò avviene, l’alta attivazione del serrato può venire desiderata in presenza di una minore attivazione del trapezio superiore, dove “push-up plus” ed esercizi di pugno da supini potrebbero essere benefici, dato che questi esercizi dimostrano una minima attivazione del trapezio superiore. Altre considerazioni nella scelta degli esercizi del serrato includono l’abilità del paziente di prevenire un’eccessiva rotazione interna scapolare, o “winging” durante lo svolgimento dell’esercizio, e l’evitare di posizioni di impingement. I pazienti aventi difficoltà nel controllo scapolare potrebbero

beneficiare dall'uso iniziale di un esercizio, come il pugno da supini, dove la scapola è stabilizzata contro il tavolo. L'esercizio "dynamic hug" come descritto originariamente dovrebbe essere usato giudiziosamente, poiché mette l'articolazione glomerale in una posizione di flessione, abduzione e rotazione interna che possono essere dolorosi per un paziente con impingement subacromiale. Teoricamente la modificazione del "dynamic hug" in una rotazione esterna glomerale dovrebbe produrre livelli simili di attivazione del serrato con un rischio potenzialmente minore di ridurre lo spazio subacromiale. Un altro muscolo che può essere usato per stabilizzare la scapola e per facilitare la rotazione verso l'alto è il trapezio inferiore. Gli esercizi che sono stati mostrati per ottenere un rapporto favorevole della diminuita attività del trapezio superiore e dell'attività aumentata del trapezio inferiore sono la flessione della spalla in posizione coricato sul lato, fino a 135°, abduzione prona orizzontale con rotazione esterna, e rotazione esterna della spalla coricato sul lato. Se la migliorata rotazione esterna scapolare durante l'elevazione del braccio è l'obiettivo terapeutico, il rafforzamento del trapezio medio ed inferiore sarà un punto importante di riabilitazione. Siccome attualmente c'è una minore evidenza dell'eccesso della rotazione interna scapolare nelle persone con impingement della spalla subacromiale, i programmi di esercizio terapeutici si concentrano di più sugli esercizi per il serrato anteriore e meno sugli esercizi per il trapezio medio o per il romboide. Poiché la letteratura disponibile continua ad espandersi, è anticipato che una migliore comprensione di un appropriato equilibrio del controllo muscolare per la produzione di una cinematica scapolare ottimale raffinerà ulteriormente gli approcci di esercizi terapeutici. Riteniamo che prima del rafforzamento dei muscoli della cuffia dei rotatori i clinici dovrebbero anche lavorare per facilitare il timing corretto del recupero muscolare. Un rafforzamento aggressivo in presenza di un controllo scapolare non adeguato servirà solamente a rinforzare una cinematica povera e probabilmente non procurerà sollievo ai pazienti in termini di dolore o funzione migliorata. Data l'evidenza di una cinematica scapolare alterata con cifosi toracica o posture flesse del torace, la postura del torace inoltre dovrebbe essere indirizzata nella riabilitazione dei pazienti con impingement alla spalla o tendinopatia della cuffia dei rotatori. Ciò include un'attenzione al mantenimento di posizione eretta durante lo svolgimento di attività quotidiane che comprendono l'elevazione del braccio, così come durante gli esercizi per la spalla. Si consiglia, tuttavia, di evitare un' enfasi eccessiva sugli esercizi di retrazione della spalla per il rafforzamento del romboide, come parte di un programma di esercizio posturale, date le capacità di questi muscoli come rotatore verso il basso della scapola. La mobilizzazione della colonna toracica può essere un altro approccio di riabilitazione da considerare. In una prova clinica

randomizzata l'aggiunta di una terapia manuale a una programma di esercizio supervisionato per l'impingement della spalla ha dimostrato un miglioramento significativamente maggiore rispetto al solo esercizio supervisionato. Bisogna notare tuttavia che qualsiasi uso della mobilizzazione toracica in questa prova era un caso specifico e chiaramente non era l'unica differenza tra i due gruppi trattati. Anche l'uso del "taping" terapeutico nel dolore della spalla è stato studiato recentemente. Usando il taping toracico scapolare con lo scopo di cambiare la postura sia nei soggetti con impingement alla spalla, sia in soggetti sani, sono stati notati con il taping in entrambi i gruppi significativi cambiamenti nella postura e aumenti nel range del movimento senza dolore dell'elevazione del braccio. Non è stata raggiunta nessuna riduzione significativa del dolore durante l'elevazione del braccio nel gruppo con impingement. Tuttavia, il punto nel range del movimento nel quale è stato per la prima volta percepito un dolore maggiore era significativamente più alto (una media di 15 gradi e 16 gradi di aumento nel range del movimento senza dolore per rispettivamente abduzione, abduzione e flessione piane, scapolari). Un'altra ricerca ha dimostrato una ridotta attivazione elettromiografia del trapezio superiore, ed una aumentata del trapezio inferiore, attraverso l'uso di taping nel soggetto con impingement alla spalla durante l'elevazione del braccio. Appare garantito un ulteriore studio di questo approccio nelle popolazioni dei pazienti. Attraverso le prove cliniche c'è una crescente evidenza per supportare l'efficacia degli approcci di esercizio terapeutici nella gestione del'impingement alla spalla e della tendinopatia della cuffia dei rotatori. C'è inoltre qualche prova che l'aggiunta di terapia manuale agli esercizi di stretching e rafforzamento può migliorare ulteriormente gli esiti. Tuttavia, è meno forte l'evidenza che l'alterazione cinematica scapolare identificata in questa popolazione possa essere cambiata. Una ricerca ha dimostrato un "inclinazione anteriore" della colonna toracica significativamente diminuita, una diminuita rotazione scapolare verso l'alto e una diminuita elevazione scapolare dopo un programma di esercizi di sei settimane in soggetti sani. Un altro studio ha dimostrato che un programma di sei settimane, che includeva stretching per i muscoli della spalla anteriore e rafforzamento per i muscoli della spalla posteriore, ha ridotto significativamente "la postura della spalla in avanti" nei nuotatori agonistici se confrontati a un gruppo di controllo di nuotatori. Tuttavia, nell'unica ricerca pubblicata, dove sia l'esito funzionale, sia la cinematica scapolare sono state valutate in soggetti con impingement, dopo un programma di esercizio di sei settimane non sono state trovate significative differenze cinematiche, nonostante miglioramenti significativi nello stato funzionale e nella riduzione del dolore. Bisognerebbe riconoscere che le prove cliniche attualmente disponibili nella letteratura variano sostanzialmente riguardo alla scelta degli esercizi specifici di stretching e

rafforzamento usati, alla “dose” di applicazione degli esercizi, interventi aggiuntivi, durata degli interventi e follow-up e demografia dei soggetti e presentazione clinica. Un’ulteriore generatore di confusione riguarda l’efficacia dei programmi degli esercizi è l’accondiscendenza dei pazienti. Anche se c’è una sostanziale evidenza che i programmi di esercizi terapeutici sono benefici, è anche chiaro che non tutti i soggetti stanno migliorando, e neanche i livelli generali di miglioramento rappresentano un’eliminazione completa dei sintomi. Speriamo che l’abilità di scorgere e di diagnosticare clinicamente specifiche disfunzioni dei movimenti della spalla e la nostra comprensione delle patologie dei tessuti sottostanti miglioreranno in futuro. Se ciò potrà essere raggiunto clinici e ricercatori potranno essere maggiormente in grado di individuare specifici programmi di esercizi per deviazioni identificate di movimento e di sviluppare e perfezionare le linee guida della pratica clinica supportate dai dati di ricerca. Per esempio, un paziente che presenta una diagnosi medica di impingement della spalla subacromiale compatibile con dolore subacromiale e una primaria disfunzione del movimento dell’inclinazione scapolare anteriore durante l’innalzamento del braccio può beneficiare soprattutto da un programma di rafforzamento del serrato anteriore e stretching del pettorale minore e della capsula pettorale, così come un’attenzione alla postura toracica. Basandosi su considerazioni biomeccaniche, è meno probabile che un tale paziente benefici da un rafforzamento del trapezio, dato che il trapezio non può susseguentemente inclinare posteriormente la scapola. In alternativa, un altro paziente che presenta una diagnosi medica di impingement alla spalla compatibile con impingement posteriore e una primaria disfunzione del movimento di un’eccessiva rotazione scapolare interna durante l’elevazione del braccio potrebbe beneficiare di un programma di rafforzamento sia del serrato anteriore che del trapezio, stretching pettorale e attenzione alla postura toracica. Queste premesse di programmi di esercizi mirati richiede ulteriore studio nelle popolazioni dei pazienti. Chiaramente, nonostante la quantità crescente di letteratura clinicamente applicabile riguardante le patologie dell’articolazione glenomerale, rimane ancora molto lavoro da fare.

Riassumendo, c’è un’evidenza di alterazioni cinematiche scapolari associate all’impingement della spalla, tendinopatia della cuffia dei rotatori, lacerazioni della cuffia dei rotatori, instabilità glenomerale, capsulite adesiva e spalle rigide. C’è inoltre evidenza per l’attivazione alterata dei muscoli in queste popolazioni di pazienti, in particolare attivazione ridotta del serrato anteriore e aumentata del trapezio superiore. Alterazioni cinematiche scapolari simili a quelle trovate nelle popolazioni di pazienti sono state identificate in soggetti con una limitata lunghezza a riposo del pettorale minore, capsula posteriore rigida, cifosi toracica, o con

posizioni flesse toraciche. Ciò suggerisce che è garantita l'attenzione a questi fattori nella valutazione clinica e trattamento di questi pazienti. Le evidenze disponibili nelle prove cliniche sostengono l'uso dell'esercizio terapeutico per riabilitare questi pazienti, mentre ulteriori vantaggi in efficacia dovrebbero essere perseguiti.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Berg M, Schellekens W, Bergen C. Bridging the quality chasm: integrating professional and organizational approaches to quality. *Int J Qual Health Care* 2005 Feb; 17(1): 75-82. Journal Article
- ² Antman EM, Lau J, Kupelnick B, Mosteller F, Chalmers TC. A comparison of results of meta-analyses of randomized control trials and recommendations of clinical experts. Treatments for myocardial infarction. *JAMA* 1992 Jul; 268: 240-248. Clinical Trial, Journal Article, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.
- ³ Robb MC, Chiari P. Gli infermieri, l'utilizzo delle informazioni e le decisioni cliniche, il potenziale mondo reale per le decisioni basate sulle evidenze in infermieristica. *EBN-notebook* July 2004 Vol 7 n°3
- ⁴ Kunio Yoshizaki, RPT, MSa,b, Junichiro Hamada, MD, PhDc, Kazuya Tamai, MD, PhDd, Ryo Sahara, RPTc, Takayuki Fujiwara, RPT, MD, PhD, DEa,b, Tetsuya Fujimoto, DEb Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders *J Shoulder Elbow Surg* (2009) -, 1-8
- ⁵ Paula M. Ludewig, Pt, PhD Jonathan F. Reynolds, PT, PhD The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies *journal of orthopaedic & sports physical therapy* 2009 |;(39):90-104
- ⁶ Kronberg M, Brostrom LA, Nemeth G. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1990; 257: 76-85
- ⁷ Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Scapulothoracic and glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. *Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36 (8): 557-71
- ⁸ Graichen H, Bonél H, Stammberger T, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F. Effect of muscle activity on the 3- dimensional movement pattern of the shoulder. Study whit open MRI.2001 *Unfallchirurg*; 104(4): 288-93
- ⁹ Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation 2005. *clinical biomechanics* 20; 700-709
- ¹⁰ Timothy J. Brindle a, Arthur J. Nitz b, Tim L. Uhl c, Edward Kifer d, Robert Shapiro Kinematic and EMG characteristics of simple shoulder movements with proprioception and visual feedback. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2006;(16) 236-249

-
- ¹¹ Yamaguchi K, Riew KD, Galatz LM, Syme JA, Neviaser RJ. Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1997 Mar;(336):122-9.
- ¹² Hinterwimmer S, Von Eisenhart-Rothe R, Siebert M, Putz R, Eckstein F, Vogl T, Graichen H. Influence of adducting and abducting muscle forces on the subacromial space width. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Dec;35(12):2055-9.
- ¹³ Paula M Ludewig, Paula M Ludewig Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With Symptoms of Shoulder Impingement. *physical therapy* 2000; 80 (3):276-91
- ¹⁴ Bryan T. Kelly, MD, Riley J. Williams, MD, Frank A. Cordasco, MD, Sherry I. Backus, MA, PT, James C. Otis, PhD, Daniel E. Weiland, MD, David W. Altchek, MD, Edward V. Craig, MD, Thomas L. Wickiewicz, MD, and Russell F. Warren, MD, New York, NY Differential patterns of muscle activation in patients with symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears. *j shoulder elbow surgery* 2005; 165-171
- ¹⁵ F. Steenbrinka,b, J.H. de Grootc, H.E.J. Veegerb, C.G.M. Meskersc, M.A.J. van de Sandea, P.M. Rozinga. Pathological muscle activation patterns in patients with massive rotator cuff tears, with and without subacromial anaesthetics. *Manual therapy* 2006; (11): 231-237
- ¹⁶ Kawamoto S. Electromyographic study associated whit rotator cuff tears. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1986; 60 (12): 1239-49
- ¹⁷ Kido T, Itoi E, Konno N, Sano A, Urayama M, Sato K. The depressor function of biceps on the head of the humerus in shoulders with tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br.* 2000 Apr;82(3):416-9.
- ¹⁸ Werner CM, Favre P, Gerber C. The role of the subscapularis in preventing anterior glenohumeral subluxation in the abducted, externally rotated position of the arm 2007. *Clinical Biomechanics* ; 22: 495-501
- ¹⁹ Alexander Cm . Altered control of the trapezius muscle in subjects whit non-traumatic shoulder instability 2007. *Clinical Neurophysiology*; 118: 2264-2671
- ²⁰ Ward SR, Hentzen ER, Smallwood LH, Eastlack RK, Burns KA, Fithian DC, Friden J, Lieber RL. Rotator cuff muscle architecture: implications for glenohumeral stability. *Clin Orthop Relat Res* 2006;448:157-63
- ²¹ McMahon PJ, Lee TQ Muscle may contribute to shoulder dislocation and stability. *Clin Orthop Relat Res* 2002 Oct; (403): 18-25
- ²² J.M. Bardena, R. Balyka, V.J. Rasoc, M. Moreaua, K. Bagnallb Atypical shoulder muscle activation in multidirectional instability *Clinical Neurophysiology*2005; 116: 1846-1857

²³ Arpad Illyes Rita M. Kiss Kinematic and muscle activity characteristics of multidirectional shoulder joint instability during elevation *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14:673-685

²⁴ Alfred D. Morris, Graham J. Kemp, Simon P. Frostick. Shoulder electromyography in multidirectional instability. *J shoulder elbow surg*; 13: 24-29

²⁵ Kronberg M, Brostrom LA, Nemeth G. Differences in shoulder muscle activity between patients with generalized joint laxity and normal controls. *Clin orthop relat res* 1991; (269): 181-92

²⁶ Pande P, Hawkins R, Peat M, Electromyography in voluntary posterior instability of the shoulder. *Am J sports medicine* 1989; 17 (5): 644-8

²⁷ Glousman R, Jobe F, Moyens D, Antonelli D, Perry J. Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability 1988, 79 (2): 220-6