

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

**IL RUOLO DELLA RIEDUCAZIONE DELLA CINEMATICA SCAPOLARE NEL
TRATTAMENTO DELLA CAPSULITE ADESIVA: REVISIONE NARRATIVA
DELLA LETTERATURA.**

*(The role of scapular kinematics re-education in the treatment of adhesive capsulitis:
a narrative literature review.)*

RELATORE: Prof. Mauro Cervesato

LAUREANDO: Laura Valentini

Anno Accademico 2021-2022

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUZIONE..... | 3 |
| 1.1 | Background teorico | 3 |
| 1.2 | Cenni di anatomia della spalla..... | 3 |
| 1.3 | Biomeccanica della spalla | 5 |
| 1.4 | Biomeccanica della scapola..... | 7 |
| 1.5 | Muscolatura del cingolo scapolare: muscoli mobilizzatori e stabilizzatori | 9 |
| 2 | LA CAPSULITE ADESIVA | 11 |
| 2.1 | Epidemiologia | 11 |
| 2.2 | Eziopatogenesi..... | 12 |
| 2.3 | Fisiopatologia | 12 |
| 2.4 | Diagnosi funzionale..... | 13 |
| 2.5 | Diagnosi differenziale | 14 |
| 2.6 | Imaging, elettrodiagnostica | 14 |
| 2.7 | Fasi della patologia..... | 15 |
| 2.8 | Trattamento | 15 |
| 2.9 | Obiettivi della ricerca | 16 |
| 3 | MATERIALI E METODI..... | 16 |
| 3.1 | Criteri di eleggibilità | 16 |
| 3.2 | Fonti di ricerca..... | 16 |
| 3.3 | Strategie di ricerca..... | 17 |
| 3.4 | Selezione degli studi..... | 18 |
| 3.5 | Processo di raccolta dati e tipo di dati estratti | 18 |
| 3.6 | Sintesi dei risultati..... | 18 |
| 4 | RISULTATI..... | 19 |
| 4.1 | Risultati della selezione degli studi | 19 |
| 4.2 | Caratteristiche degli studi..... | 21 |
| 4.2.1 | Irem at al (2019) – Trial Clinico Randomizzato Controllato - Turchia | 21 |
| 4.2.2 | Ayman et al (2020) – Trial Clinico Randomizzato Controllato o test-retest - Egitto | 22 |
| 4.2.3 | Wong et al (2018) – Serie di casi retrospettivi - Cina..... | 22 |
| 4.2.4 | Ayman et al (2022) – Trial Clinico Randomizzato Controllato - Turchia.... | 23 |
| 4.2.5 | Meltem (2021) – Trial Clinico Randomizzato Controllato – Turchia | 23 |
| 4.2.6 | Nilay et al (2016) – Trial Clinico Randomizzato Controllato - Turchia..... | 24 |
| 4.2.7 | Weon Sik et al (2002) – Studio Pilota - Corea..... | 25 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| 4.2.8 | Prasanna et Ak (2017) – Trial Clinico Randomizzato Controllato - India | 25 |
| 4.3 | Risultati dei singoli studi..... | 26 |
| 5 | DISCUSSIONE..... | 30 |
| 5.1 | Discussione..... | 30 |
| 5.2 | Valutazione e trattamento delle alterazioni della cinematica scapolare..... | 32 |
| 5.3 | Limiti della revisione..... | 40 |
| 5.4 | Conclusioni..... | 40 |
| BIBLIOGRAFIA | | 42 |

RIASSUNTO

Background: Revisione narrativa. La capsulite adesiva è una patologia infiammatoria che causa la perdita di mobilità dell'articolazione scapolo omerale. L'esordio è più frequente nel sesso femminile, in un'età compresa fra i 35 e i 50 anni e si associa spesso a malattie metaboliche (diabete o iper/ipotiroidismo) e a problemi autoimmuni. Il trattamento è focalizzato sulla riduzione del dolore e sul recupero della funzionalità dell'articolazione della spalla; alcune strategie terapeutiche riguardano la terapia farmacologica associata a trattamento fisioterapico, iniezioni di corticosteroidi e, se necessario, intervento chirurgico effettuato in artroscopia.

Obiettivi: descrivere il ruolo della rieducazione della cinematica scapolare nella riduzione dei sintomi e nel miglioramento del recupero dell'articolazione della spalla nei pazienti affetti da capsulite adesiva.

Materiali e metodi: questo studio è una revisione narrativa della letteratura; la ricerca bibliografica è stata condotta sulle banche dati online PubMed, PEDro e The Cochrane Library, senza porre limiti di lingua di pubblicazione o sesso dei partecipanti ma con limite minimo di età dei partecipanti (almeno 18 anni) e di anno di pubblicazione (successivi al 2015). Alcune ricerche aggiuntive sono state condotte utilizzando la bibliografia di revisioni sistematiche correlate all'argomento trattato.

Gli outcome considerati sono stati: ROM articolare (attivo e passivo), *Shoulder Pain and Disability Index* (SPADI), *Disability of Arm Shoulder Hand score* (DASH), *Visual Analog Scale* (VAS).

Risultati: dei 375 articoli identificati attraverso i database sono stati inclusi nella revisione 8 studi. Negli studi analizzati, la rieducazione della cinematica scapolare ha avuto un effetto significativo per tutti gli outcome analizzati.

Conclusioni: nella presente revisione, nonostante l'eterogeneità degli studi analizzati, è stato evidenziato un aumento dei parametri ROM articolare, indice SPADI, punteggi DASH e VAS, con un conseguente miglioramento della funzionalità dell'arto superiore.

Con i dati emersi è possibile concludere che redigere ed applicare un programma riabilitativo che includa anche l'osservazione e la rieducazione della cinematica scapolare sia efficace nella riabilitazione della capsulite adesiva, soprattutto nel lungo termine.

ABSTRACT (eng)

Background: Narrative review. Adhesive capsulitis is an inflammatory disorder that causes loss of mobility in the scapulohumeral joint. The onset is more frequent in women, between the ages of 35 and 50 years and is often associated with metabolic diseases (diabetes or hyper/hypothyroidism) and autoimmune problems. Treatment is focused on pain reduction and recovery of joint function; some therapeutic strategies involve drug therapy combined with physiotherapy treatment, corticosteroid injections and, if necessary, surgery performed arthroscopically.

Aims: To describe the role of re-education of scapular kinematics in reducing symptoms and improving recovery of shoulder articulation in patients with adhesive capsulitis.

Materials and methods: This study is a narrative review of the literature; the literature search was conducted on the online databases PubMed, PEDro and The Cochrane Library, without placing limits on the language of publication or gender of the participants but with a minimum limit on the age of the participants (at least 18 years) and the year of publication (after 2015). Some additional researches were conducted using the bibliography of systematic reviews related to the topic.

The outcomes considered were: Joint ROM (active and passive), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), Disability of Arm Shoulder Hand score (DASH), Visual Analog Scale (VAS).

Results: Out of the 375 articles identified through the databases, 8 studies were included in the review. In the analysed studies, the re-education of scapular kinematics had a significant effect for all analysed outcomes.

Conclusions: In the present review, despite the variability of the studies analysed, an increase in the joint ROM values, SPADI index, DASH and VAS scores, with a consequent improvement in the function of the upper limb, was shown.

With these data it's possible to conclude that drawing up and applying a rehabilitation programme that also includes the observation and re-education of scapular kinematics is effective in the rehabilitation of adhesive capsulitis, especially in the long term.

1. INTRODUZIONE

1.1 Background teorico

La spalla congelata (FS), o capsulite adesiva, è una condizione dolorosa caratterizzata dalla progressiva perdita di mobilità della spalla. La *American Shoulder and Elbow Society* ha definito la frozen shoulder come ‘una condizione caratterizzata da una progressiva restrizione funzionale del movimento della spalla con riduzione del range di movimento (ROM) attivo e passivo e senza significative alterazioni radiografiche dell'articolazione gleno-omerale’.¹

Clinicamente, la capsulite adesiva si manifesta con un forte dolore localizzato alla spalla (nella regione deltoidea) e, a volte, esteso al braccio, il quale causa una limitazione della funzione e del movimento dell'articolazione della spalla, con conseguenze su molte attività della vita quotidiana. Nei pazienti che manifestano questi segni e sintomi da molto tempo, il dolore può estendersi anche medialmente alla scapola, a causa dello sviluppo di movimenti scorretti dell'articolazione scapolo-toracica utilizzati per compensare la limitazione di movimento della gleno-omerale.²

1.2 Cenni di anatomia della spalla

La spalla è un complesso articolare costituito da cinque articolazioni: l'articolazione scapolo-omerale, l'articolazione sotto-deltoidea, l'articolazione scapolo-toracica, l'articolazione acromio-claveare e l'articolazione sterno-costoclaveare. Le articolazioni considerate principali del complesso articolare della spalla sono la scapolo-omerale e la scapolo-toracica, nonostante quest'ultima sia considerata una ‘falsa articolazione’: essa infatti riveste il ruolo funzionale di articolazione, ma non pone in contatto due superfici cartilaginee.³ Tutte le articolazioni del complesso lavorano simultaneamente, in proporzione variabile, per permettere l'enorme ampiezza di movimento concessa dalla spalla: infatti essa è l'articolazione più mobile del corpo umano e possiede 3 gradi di libertà, comprendendo movimenti di flessione/estensione, adduzione/abduzione, extra/intrarotazione grazie alla sinergia delle articolazioni del cingolo scapolare, in particolare dalla gleno-omerale e dalla scapolo torracica.⁴

L'articolazione gleno-omerale è un'artrosi cui superfici sono la testa omerale, da una parte, e la cavità glenoidea della scapola, dall'altra; la congruenza tra la maggior convessità della testa omerale rispetto alla modesta concavità della glena è ristabilita dal cerchio glenoideo, una formazione fibro-cartilaginea anulare di sezione triangolare.

I capi articolari sono racchiusi dalla capsula articolare, un manicotto fibroso con inserzione scapolare sul margine della cavità glenoidea e inserzione omerale a livello del collo anatomico, con un'estensione mediale fino al collo chirurgico. La capsula è il mezzo di connessione tra scapola e omero, è di considerevole spessore e resistenza ed è rivestita da una membrana sinoviale.

Inoltre, l'articolazione presenta alcune zone rinforzate da legamenti: superiormente si trova il legamento coraco-omerale e, anteriormente, si trovano i legamenti gleno-omerale superiore, medio ed inferiore.

Oltre all'articolazione gleno-omerale, è fondamentale analizzare le altre componenti che si articolano tra loro a formare l'architettura funzionale del cingolo scapolare: la scapola si articola con il torace grazie all'articolazione scapolo-toracica ed è compresa su un piano cui intersezione con il piano frontale determina un angolo di 30°, il quale rappresenta il piano fisiologico di abduzione della spalla. A completamento del cingolo, la clavicola, a forma di S italico, determina a sua volta un angolo di 30° con il piano frontale, articolandosi anteriormente e medialmente con lo sterno per formare l'articolazione sterno-costo-claveare e posteriormente e lateralmente con la scapola per formare l'articolazione acromio-claveare.

L'articolazione scapolo toracica è una 'falsa articolazione', in quanto non è costituita da superfici articolari cartilaginee ma da due piani di scorrimento muscolari: i piani di scorrimento (Fig.1) sono definiti dal gran dentato, cui ventre muscolare si estende dal margine mediale della scapola alla parete laterale del torace, costituendo gli spazi scapolo-dentato ① (tra scapola e gran dentato) e parieto-dentato ② (tra parete toracica e gran dentato).⁵

In una rappresentazione posteriore (Fig. 2), la scapola è posizionata tra la seconda e la settima costa; il suo angolo supero-interno corrisponde alla prima spinosa dorsale, l'estremità mediale della spina scapolare corrisponde alla terza spinosa dorsale e il margine mediale si trova a circa 5-6 cm dalla linea delle spinose.

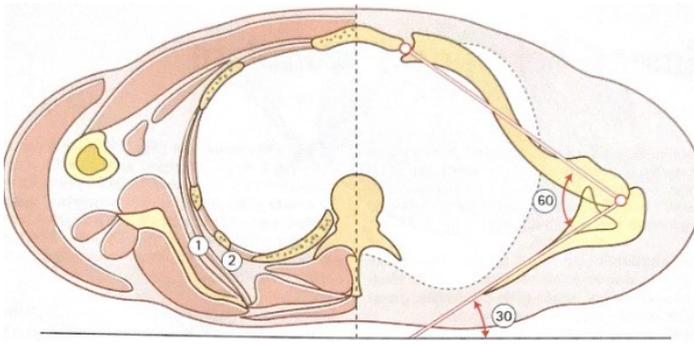


Fig. 1-Sezione assiale del torace: l'articolazione scapolo toracica

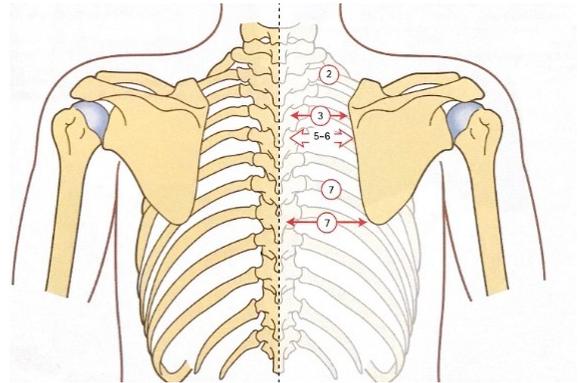


Fig. 2-Visione posteriore: rapporti della scapola con le strutture limitrofe

1.3 Biomeccanica della spalla

La spalla permette di orientare l'arto superiore sui tre piani dello spazio e di eseguire molteplici movimenti grazie all'equilibrio biomeccanico tra le componenti ossee, muscolari e legamentose: si possono infatti eseguire movimenti di flessione, estensione, adduzione, abduzione, intrarotazione, extrarotazione e i movimenti dati dalla combinazione di questi che portano alla circonduzione dell'arto superiore.⁶

Lungo il piano sagittale, attorno ad un asse trasversale, vengono eseguiti i movimenti di flessione, fino a 180°, ed estensione, fino a 45/50°. Durante la flessione dell'arto superiore, dopo i 60°, entra in gioco il cingolo scapolare: la scapola ruota di 60° orientando la glenoide in alto e in avanti, le articolazioni sterno-costoclaveare e acromio-claveare compiono una rotazione assiale di 30°.

I muscoli responsabili dell'orientamento della scapola durante la flessione sono il trapezio e il grande dentato; per quanto riguarda l'estensione, i muscoli motori nella scapolo-omerale sono il grande rotondo, il piccolo rotondo, i fasci posteriori del deltoide e il gran dorsale, mentre nell'articolazione scapolo toracica, per l'adduzione di scapola durante l'estensione di omero, entrano in gioco i romboidi, i fasci medio e superiore del trapezio e il gran dorsale.⁷

Sul piano frontale, partendo dalla posizione di riferimento, è possibile una modesta adduzione dell'arto superiore se combinata all'estensione; se associata alla flessione dell'arto superiore, l'adduzione ha una maggior ampiezza, corrispondente a 30-45°. Per eseguire il movimento di adduzione, è fondamentale l'azione sinergica di due coppie muscolari: la coppia romboide-grande rotondo permette l'adduzione del braccio data dall'attivazione del grande rotondo, grazie alla stabilizzazione della scapola da parte del romboide, che evita che quest'ultima ruoti verso l'alto

ostacolando l'adduzione dell'omero. La seconda coppia, costituita da gran dorsale e capo lungo del tricipite, permette al primo di esercitare il suo ruolo di forte adduttore, mentre il capo lungo del tricipite si oppone alla lussazione inferiore data dalla contrazione del gran dorsale.⁸

Sempre sul piano frontale, attorno ad un asse antero-posteriore, avviene il movimento di abduzione, un movimento complesso, che dal punto di vista dell'azione muscolare e del gioco articolare, didatticamente, viene diviso in 3 fasi: una prima fase di abduzione da 0 a 60°, data essenzialmente dall'articolazione scapolo-omerale grazie ai muscoli sovraspinoso e deltoide; una seconda fase da 60° a 120°, possibile solo con la partecipazione della scapolo toracica; un'ultima fase da 120° a 180° che utilizza anche l'inclinazione controlaterale del tronco. In particolare, nella seconda fase, l'abduzione può continuare solo grazie al movimento a campana della scapola, che si muove in rotazione in senso antiorario (per la scapola destra), orientando la glenoide verso l'alto; inoltre, è presente anche un movimento di rotazione longitudinale grazie alle articolazioni sterno-costoclaveare e acromioclaveare, le quali concorrono ciascuna per 30°. I muscoli motori della seconda fase di abduzione sono il trapezio e il gran dentato, coppia funzionale dell'abduzione della scapolo-toracica; la loro azione si arresta a circa 150° di abduzione per la resistenza dei muscoli adduttori gran dorsale e gran pettorale.⁹

L'articolazione scapolo omerale permette anche dei movimenti svolti attorno all'asse longitudinale dell'omero: si tratta dell'extrarotazione, con un'ampiezza di circa 80°, e dell'intrarotazione, con un ROM di 100-110°; per analizzare questi movimenti è importante posizionare il gomito flesso a 90° per non confondere le rotazioni con la prono-supinazione dell'avambraccio. I muscoli responsabili dell'extrarotazione sono sottospinato e piccolo rotondo; i rotatori interni, più numerosi, sono gran dorsale, gran rotondo, sottoscapolare e gran pettorale. Come per tutti i movimenti della spalla, anche le rotazioni non possono avvenire solamente grazie all'articolazione scapolo-omerale: la scapolo-toracica riveste infatti un ruolo fondamentale, che permette un cambiamento di orientamento della glena di 40-45° grazie alla traslazione laterale della scapola, aumentando di conseguenza l'ampiezza della rotazione dell'arto superiore. In particolare, i muscoli motori per l'adduzione della scapola, durante la rotazione esterna dell'omero, sono i romboidi e il trapezio, mentre i muscoli responsabili dell'abduzione della scapola, durante la rotazione interna, sono il gran dentato e il piccolo pettorale.

Oltre ai movimenti di flessione ed estensione dell'arto superiore sul piano sagittale, descritti precedentemente, sono possibili movimenti di flesso/estensione sul piano orizzontale, attorno ad una successione di assi verticali nelle articolazioni scapolo omerale e scapolo toracica. Dalla posizione di riferimento con l'arto in abduzione, sul piano frontale, di 90°, la flessione orizzontale ha un'ampiezza di 140°, ed è permessa da deltoide, sottoscapolare, gran dentato, piccolo pettorale e gran pettorale.

L'estensione è limitata a 30/40° e mette in gioco i fasci posteriori del deltoide, sovraspinato, sottospinato, grande e piccolo rotondo, romboide, trapezio (fasci spinosi) e gran dorsale.¹⁰

Combinando i movimenti elementari attorno ai 3 assi, il braccio descrive nello spazio una superficie conica definita 'cono di circonduzione', che delimita uno spazio sferico di accessibilità in cui la mano può raggiungere ciascun punto.

1.4 Biomeccanica della scapola

Si possono distinguere, in maniera analitica, tre tipi di movimenti della scapola: movimenti di lateralità, movimenti verticali e movimenti di rotazione; funzionalmente, nella realtà, queste tipologie di movimenti sono sempre associati tra loro. I movimenti laterali della scapola sono sempre associati alla rotazione della clavicola: durante la retropulsione del moncone della spalla la clavicola si sposta posteriormente e l'angolo scapolo-claveare aumenta fino a 70° (Fig.3); nell'antepulsione la clavicola tende ad orientarsi sul piano frontale, diminuendo l'angolo scapolo-clavicolare sotto ai 60°; la scapola, durante l'anteposizione della spalla, si muove in traslazione laterale, arrivando ad una distanza di 10-12 cm dalla linea delle spinose (Fig.4).

Osservando posteriormente la scapola è possibile osservarne le traslazioni verticali, che si accompagnano a movimenti di basculamento ed elevazione/abbassamento dell'estremità laterale della clavicola. (Fig.5)

È importante sottolineare che durante i movimenti globali della spalla la scapola compie dei movimenti di basculamento attorno ad un asse perpendicolare al piano della scapola: durante la rotazione interna l'angolo inferiore si porta medialmente e la glenoide tende ad orientarsi verso il basso; durante la rotazione esterna l'angolo inferiore si porta lateralmente e cranialmente e la glenoide si orienta decisamente verso l'alto. L'ampiezza possibile della rotazione scapolare è di 45-60° e ciò che riveste un ruolo essenziale per la funzionalità della spalla è il cambiamento di orientamento della glenoide che ne risulta.¹¹

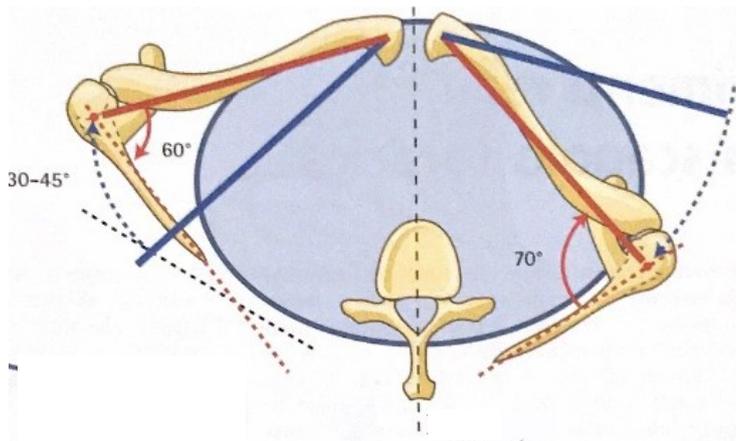


Fig. 3-Vista superiore, anteposizione/retroposizione

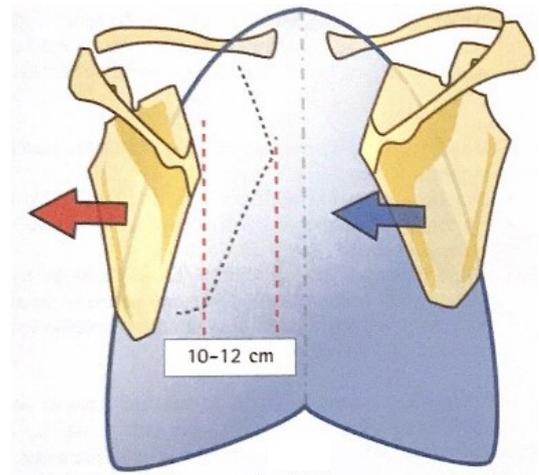


Fig. 4-Vista posteriore, movimenti di abduzione/adduzione scapolare

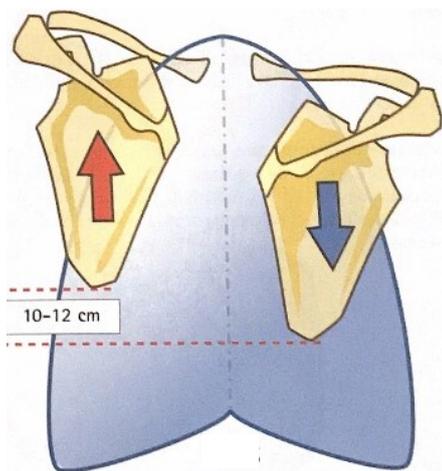


Fig. 5-Vista posteriore, movimenti di elevazione/depressione scapolari

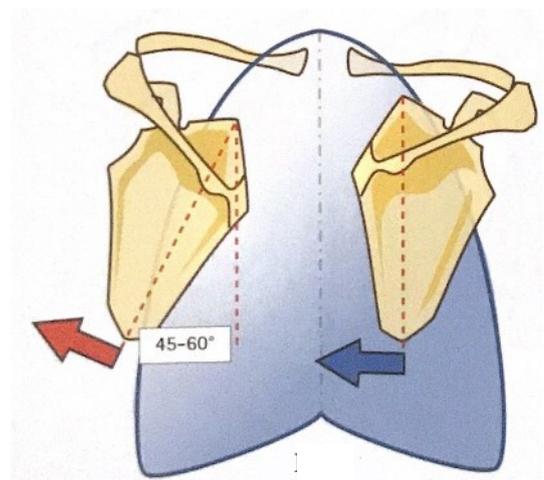


Fig. 6-Vista posteriore, movimenti di rotazione scapolare

Analizzando la cinematica scapolare nel dettaglio, durante il movimento di elevazione del braccio, la scapola ruota lateralmente attorno ad un asse perpendicolare al suo piano fisiologico; durante la flessione e l'abduzione sul piano frontale e sul piano della scapola, compie un movimento di tilt posteriore attorno ad un asse parallelo alla spina della scapola. Inoltre, esegue movimenti di protrazione/retrazione, che si sviluppano lungo un asse verticale che varia a seconda del piano di elevazione ed ha un pattern ad 'M' durante l'elevazione del braccio nel piano sagittale.

Infine, la rotazione laterale della scapola varia con l'angolo omerale e contribuisce per il 30-40% all'elevazione totale del braccio.¹²

1.5 Muscolatura del cingolo scapolare: muscoli mobilizzatori e stabilizzatori

Come già accennato precedentemente, i principali muscoli motori del cingolo scapolo-omeroale sono trapezi, romboidi, elevatore della scapola, gran dentato e piccolo pettorale.

Il trapezio è diviso in 3 porzioni ciascuna con azione differente: il fascio acromio-claveare (1) eleva il moncone della spalla e crea un'iperlordosi cervicale con rotazione controlaterale del capo quando il punto fisso è la spalla; il fascio spinoso (1') ha direzione trasversale ed avvicina di 2-3 cm il margine interno della scapola alle spinose, fa aderire la scapola al torace e compie la retropulsione del moncone della spalla. Infine, il fascio inferiore (1'') ha direzione obliqua caudalmente e medialmente: la sua attivazione attira verso il basso e medialmente la scapola. Se i 3 fasci si contraggono simultaneamente la scapola viene spinta medialmente e posteriormente, ruotata verso l'alto di circa 20° e stabilizzata.

Il romboide (2) ha direzione obliqua cranialmente e medialmente; con la sua attivazione attira l'angolo inferiore scapolare cranialmente e medialmente, determinando l'elevazione e l'avvicinamento alle spinose della scapola, l'orientamento verso il basso della glena e l'adesione dell'angolo inferiore della scapola contro le coste.

L'elevatore della scapola (3) ha azione simile al romboide, attirando l'angolo supero-interno della scapola cranialmente e medialmente di 2-3 cm; inoltre, si contrae trasportando pesi impedendo la caduta del moncone della spalla.

Il gran dentato con la sua porzione superiore (4), a direzione orizzontale, attira la scapola in avanti e medialmente di 12-15 cm; la porzione inferiore (4'), a direzione obliqua in avanti e in basso, ruota esternamente la scapola orientando la glena verso l'alto; questa azione interviene nella flessione, nell'abduzione e nel trasporto di pesi quando l'abduzione del braccio supera i 30°. Concretamente, il gran dentato (con il piccolo pettorale) funge da abduuttore della scapola, allontanandola dalla linea mediana.

Il piccolo pettorale (5) ha direzione obliqua caudalmente, anteriormente e medialmente; abbassa il cingolo scapolare e fa scivolare la scapola lateralmente e in avanti, con allontanamento del suo bordo posteriore.¹³⁻¹⁶

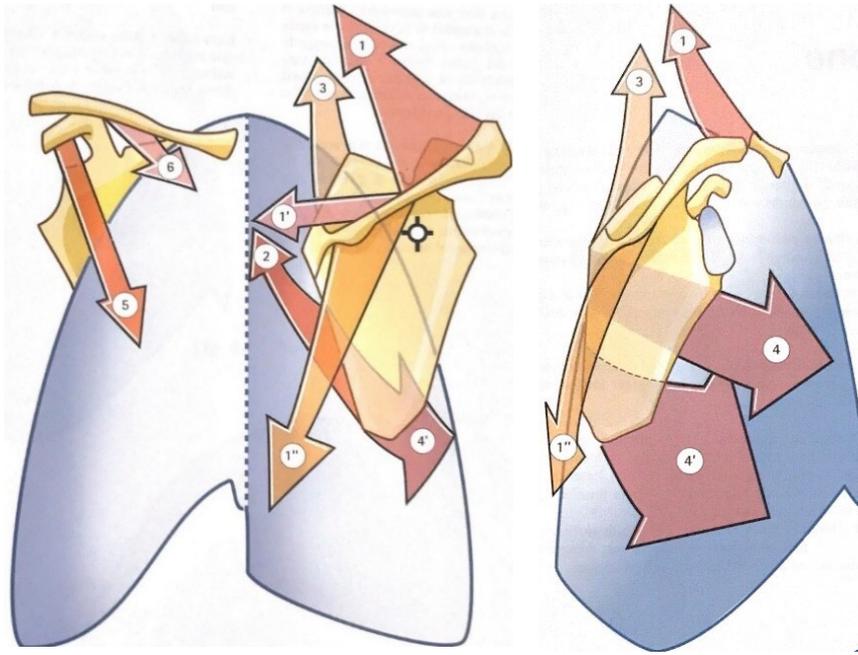


Fig. 7-Muscoli mobilizzatori della scapola

A causa dell'elevata mobilità, la stabilizzazione della spalla non può contare solo sulla funzionalità dei legamenti: per questo motivo sono necessari i muscoli stabilizzatori, che impediscano alla testa omerale di lussarsi, in particolar modo caudalmente, e che la stabilizzino verso la glena scapolare.¹⁷

Gli stabilizzatori trasversali (Fig.8), che fissano la testa omerale sulla glena, sono il sovraspinoso (1), il sottospinoso (3), il piccolo rotondo (4), il sottoscapolare (2) e il tendine del capo lungo del bicipite (5). Per quanto riguarda gli stabilizzatori longitudinali (Fig.9), che impediscono la lussazione della testa dell'omero verso il basso, riconosciamo il deltoide (8/8'), il capo lungo del tricipite (7), i capi breve (5') e lungo (5) del bicipite, il coracobrachiale (6) e il fascio claveare del gran pettorale (9).¹⁸

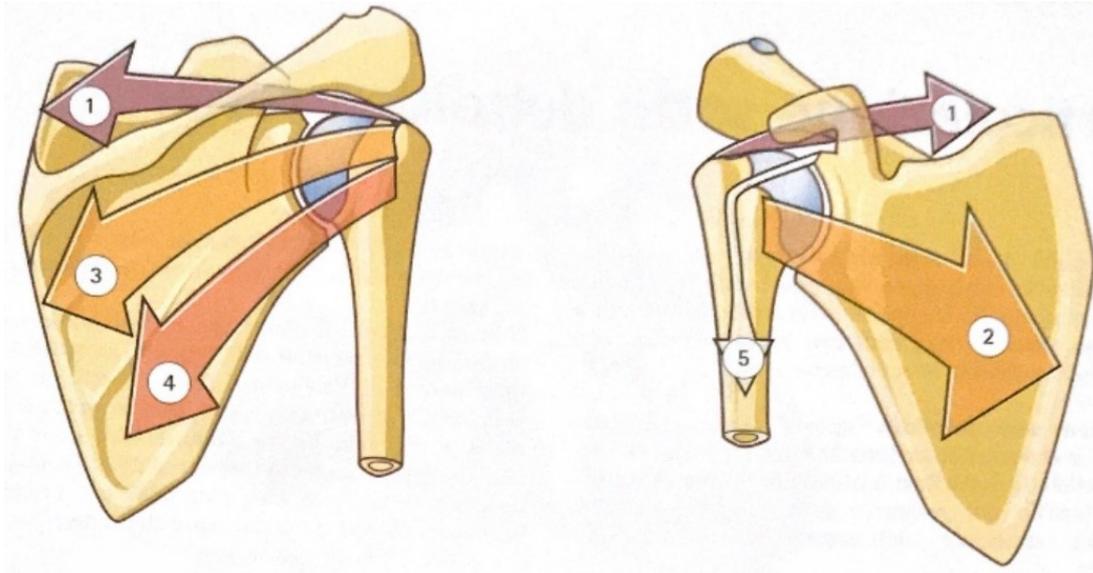


Fig. 8-Stabilizzatori trasversali della scapola

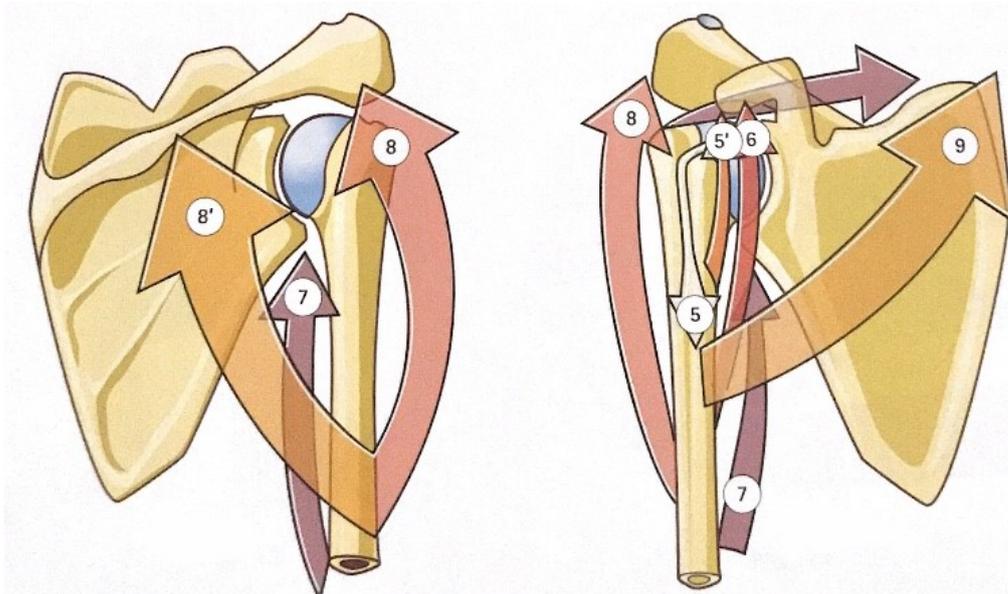


Fig.9-Stabilizzatori longitudinali della scapola

2 LA CAPSULITE ADESIVA

2.1 Epidemiologia

La prevalenza della capsulite adesiva è stimata tra il 2 e il 5% della popolazione generale ed è più frequente nei soggetti di età compresa tra i 40 e i 65 anni, con maggior incidenza nella popolazione femminile e che ha già avuto un precedente episodio di spalla congelata all'arto controlaterale. Sono prevalentemente colpiti individui impegnati in attività, lavorative o sportive, che determinano un

sovraccarico dell'articolazione della spalla, soprattutto con ipersollecitazione dell'articolazione nei movimenti *overhead*.¹⁹

2.2 Eziopatogenesi

Ad oggi, i meccanismi patogenetici alla base della frozen shoulder sono ancora incerti, ma alcuni autori^{20,21} affermano che la disfunzionalità della spalla sia correlata con le aderenze formatisi a livello della capsula gleno-omerale e del recesso ascellare e con la contrattura dei tessuti molli adiacenti; concordando con quest'ipotesi, Cyriax afferma che la rigidità in una capsula articolare risulta sempre in una restrizione della mobilità del distretto proporzionale al deficit.

Inoltre, Vermeulen^{22,23} et al hanno dimostrato che nei pazienti con frozen shoulder è presente un'anormale cinematica scapolare, non limitata alla fase di decorso della patologia ma anche in seguito alla fine del trattamento e nel lungo termine, nonostante il miglioramento della mobilità gleno-omerale: quindi, l'*impairment* nella mobilità scapolo toracica è correlato con la disfunzionalità della spalla.

In conclusione, è comunemente accettato dalla comunità scientifica che la frozen shoulder sia una conseguenza dell'infiammazione muscolo-tendinea (della cuffia dei rotatori e del tendine bicipitale) o sinoviale, che viene seguita dalla formazione di fibrosi capsulare, così come, clinicamente, il dolore è seguito dalla limitazione della mobilità articolare.

Infatti, inizialmente la patologia causa una contrattura della capsula circondante l'articolazione e il movimento fisiologico della spalla diviene doloroso; tale sintomatologia emerge all'improvviso, durante i movimenti sia attivi che passivi. Successivamente, il dolore diminuisce e subentra una maggior limitazione del ROM articolare.

Nonostante i numerosi studi presenti in letteratura, però, non è chiaro se l'alterata cinematica scapolare sia parte dell'eziologia o se sia un adattamento successivo alla disfunzionalità dell'articolazione gleno-omerale.

2.3 Fisiopatologia

Il dolore articolare percepito a livello della spalla, inizialmente, potrebbe essere provocato dalla sensibilizzazione di strutture contenenti fibre A δ , A β e C, che sono presenti anche nel tessuto

articolare. Tuttavia, con il dolore persistente e l'infiammazione cronica, il dolore sembra essere associato all'ipereccitabilità dei neuroni nocicettivi spinali, che provocherebbero una sensibilizzazione a livello del sistema nervoso centrale e, di conseguenza, il rilascio di neurotrasmettitori nell'articolazione aumenterebbe. Inoltre, in letteratura il dolore cronico alla spalla è associato a conseguenze dannose in termini di impatto sulla salute, sulla capacità lavorativa e sulla qualità della vita, fino a provocare modificazioni cerebrali del giro temporale e della corteccia orbitofrontale.²³

2.4 Diagnosi funzionale

I pazienti affetti da capsulite adesiva inizialmente riferiscono dolore agli ultimi gradi di movimento (ROM) della spalla, il quale persiste per almeno un mese ed è seguito successivamente dall'instaurarsi di una limitazione articolare, in particolare durante i movimenti di flessione, abduzione e rotazione esterna, che interferisce con le attività della vita quotidiana.²⁴

Secondo le linee guida dell'*American Physical Therapy Association*, una perdita di ROM superiore al 25% su almeno due piani di movimento e una perdita di extrarotazione passiva superiore al 50% (rispetto alla spalla controlaterale) o comunque inferiore a 30° sarebbero segni specifici della *frozen shoulder*.^{25,26} Altri segni e sintomi comunemente citati dalla letteratura includono la sensazione di spalla rigida e dolorosa per almeno 4 settimane, dolore grave alla spalla che interferisce con le attività della vita quotidiana o con il lavoro, dolore notturno, limitazione dolorosa del ROM passivo e attivo della spalla (elevazione <100°, limitazione della rotazione esterna >50% rispetto al controlaterale) e, molto importante per la diagnosi differenziale, l'aspetto radiologico privo di alterazioni.²⁷

Per quanto riguarda i test clinici, una prova sensibile per la capsulite adesiva sembra essere il 'Segno dell'alzata di spalle', che valuta la capacità del paziente di abduire l'arto superiore, sul piano frontale, fino a 90° senza compensi; questo test ha una sensibilità del 95% e una specificità del 50%.^{28,29}

Un altro studio propone un test patognomonico di palpazione provocatoria, il *Coracoid Pain Test*: si esegue esercitando una pressione digitale a livello dell'articolazione acromion-claveare, sull'area subacromiale anterolaterale e sul processo coracoideo; il test è positivo quando il punteggio è pari o superiore a tre punti alla pressione nell'area coracoidea rispetto alle altre due aree secondo la scala analogica visiva (VAS). Secondo Carbone et al (2010), questo test ha una sensibilità del 96% e una specificità tra 87-89% rispetto alle altre patologie della spalla, che aumenta al 97% rispetto alle persone sane.³⁰

2.5 Diagnosi differenziale

Per differenziare la frozen shoulder con altri frequenti quadri causanti rigidità di spalla e dolore durante il movimento dell'arto superiore, è bene ricordare che, ad esempio, le patologie riguardanti la cuffia dei rotatori danno rigidità e limitazione del ROM ma solitamente non portano ad una riduzione dei movimenti passivi: quindi, attraverso l'esame clinico, queste patologie possono essere escluse in quanto un paziente con un quadro di frozen shoulder manifesta i sintomi anche durante la mobilizzazione passiva.

Nonostante la diagnosi della frozen shoulder sia primariamente clinica, anche l'imaging può essere utile per una diagnosi accurata: la radiografia è la tecnica di radiodiagnostica più usata, in quanto un esito negativo, con un'immagine priva di alterazioni nell'articolazione, aumenta la probabilità che il quadro si identifichi nella diagnosi di frozen shoulder; inoltre permette di escludere eventuali Red Flags come fratture, lussazioni, osteoartrite, artrosi...^{31,32}

Altre tecniche utilizzate per approfondire la diagnosi di frozen shoulder sono l'artroscopia, l'ecografia, e la risonanza magnetica.

2.6 Imaging, elettrodiagnostica

Nelle fasi iniziali, l'artroscopia mostra principalmente angiogenesi a livello del labbro glenoideo e alla base del capo lungo del bicipite; a livello della cuffia dei rotatori, appare tessuto di granulazione, molto vascolarizzato e villosa. Nelle fasi più tardive invece l'angiogenesi diminuisce e si nota la formazione di tessuto cicatriziale nelle zone dove vi era tessuto di granulazione e un ispessimento della capsula, dei legamenti coraco-omerale superiore e medio.

In caso di capsulite adesiva, attraverso l'ecografia si può evidenziare una zona ipoecogena a livello della cuffia dei rotatori (a causa della neovascolarizzazione), un ispessimento del legamento coraco-omerale e diffusione di tessuto infiammatorio fibrovascolare³²

La risonanza magnetica, secondo uno studio condotto da Zhao et al³³, può confermare le anomalie già descritte precedentemente, come ispessimento del legamento coraco-omerale, ispessimento del tessuto della cuffia dei rotatori, marcata obliterazione del triangolo adiposo sottocoracoidale e sinovite del capo lungo del bicipite; inoltre, Emig et al affermano che la RM può evidenziare anche ispessimento della capsula articolare, soprattutto nella parte ascellare.^{34,35}

2.7 Fasi della patologia

La capsulite adesiva spesso segue un andamento costituito da tre fasi distinte: una prima fase di pre-congelamento (2-9 mesi) in cui il dolore è grave e diffuso, con esacerbazione notturna; una seconda fase di congelamento (4-12 mesi) in cui il dolore diminuisce ma compare una progressiva perdita del ROM articolare; infine, la terza fase, di scongelamento (5-26 mesi), in cui il paziente sperimenta un graduale ritorno della mobilità.³⁵

2.8 Trattamento

Il trattamento della spalla congelata è un percorso lungo e che deve includere diverse modalità: una strategia terapeutica comunemente utilizzata consiste nella mobilizzazione articolare dell'articolazione gleno-omeroale, che migliora l'estensibilità dei tessuti, aumenta il range di movimento, modula il dolore, riduce il gonfiore e l'infiammazione dei tessuti molli, aumenta i livelli di liquido sinoviale e stimola i meccanocettori periferici.³⁵

Ci sono molte prove scientifiche a sostegno dell'efficacia delle tecniche di mobilizzazione articolare nella gestione della spalla congelata: la maggior parte degli studi in letteratura confronta le diverse tecniche di mobilizzazione tra loro o confronta la mobilizzazione articolare con modalità di terapia fisica. Inoltre, alcuni studi hanno valutato la mobilizzazione articolare associata ad esercizi da svolgere a domicilio o ad esercizi di ROM attivo.³⁶

Secondo alcuni studi^{37,38}, invece, potrebbe avvenire una guarigione spontanea in media dopo due anni dall'insorgenza della condizione patologica, mentre altri spiegano che i soggetti affetti riportino limitazioni funzionali a lungo termine, senza guarigione spontanea.^{39,40}

Nonostante la frozen shoulder e le strategie terapeutiche ad essa rivolte siano ampiamente trattate in letteratura, ci sono pochi studi che si focalizzano nella fase finale del trattamento, in cui le disfunzioni riguardanti l'articolazione della gleno-omeroale sono state risolte. Essendo la spalla un complesso articolare composto da cinque articolazioni, che partecipano sinergicamente ai movimenti della spalla, e vista l'importanza che riveste il corretto orientamento della glena per la completa ampiezza di movimenti della spalla, è fondamentale importante rivolgere l'attenzione anche alla mobilità dell'articolazione scapolo-toracica. Infatti, come affermano Vermeulen et al⁴¹, la cinematica scapolare rimane alterata in seguito al trattamento della gleno-omeroale, anche a lungo termine: per

questo è importante che i prossimi studi valutino l'effetto dell'associazione di strategie terapeutiche tradizionali (come mobilizzazione articolare, terapia manuale, terapie fisiche...) ad una rieducazione della cinematica scapolare, parte integrante del movimento della spalla.

2.9 Obiettivi della ricerca

Lo scopo di questa revisione narrativa è di ricercare in letteratura le più recenti evidenze scientifiche riguardo al ruolo del trattamento del cingolo scapolare utilizzando una visione globale, che comprenda in particolare la rieducazione della cinematica scapolare. Tale indagine si pone l'obiettivo di verificare l'efficacia di questa modalità, nella riduzione dei sintomi e nel miglioramento della funzionalità della spalla, se integrata al trattamento tradizionale durante le fasi finali di decorso della patologia e nel lungo termine.

3 MATERIALI E METODI

3.1 Criteri di eleggibilità

Sono stati analizzati ed inseriti studi, per la maggior parte trial clinici randomizzati, che includessero persone con diagnosi di frozen shoulder unilaterale; non sono stati posti limiti di lingua di pubblicazione o sesso dei partecipanti. Il limite minimo di età dei partecipanti era di 18 anni e l'anno di pubblicazione successivo al 2015. Sono stati esclusi pazienti con altre patologie associate e trattati con tecniche invasive e/o non di pertinenza fisioterapica, come ad esempio agopuntura, iniezioni farmacologiche o trattamento chirurgico.

3.2 Fonti di ricerca

Le ricerche sono state condotte fino al 15 settembre 2022. Le banche dati elettroniche utilizzate sono state PUBMED, PEDro e Cochrane Central Register of Controlled Trial. Alcune ricerche aggiuntive sono state condotte utilizzando la bibliografia di revisioni sistematiche e di studi clinici correlati all'argomento trattato.

3.3 Strategie di ricerca

Le strategie di ricerca sono state differenti a seconda della modalità di ricerca consentita da ogni banca dati elettronica.

PUBMED

Su Pubmed è stata utilizzata la ricerca avanzata con termini MeSH e termini liberi. Sono stati utilizzati i descrittori MeSH *scapula*, *shoulder*, *bursitis*, *rehabilitation*, *exercise*, *exercise therapy*. I termini liberi inseriti sono stati *scapul**, *rehabilit**, *shoulder*, *adhesive capsulitis*, *frozen shoulder*.

La stringa di ricerca è stata la seguente:

```
("bursitis"[MeSH Terms] OR "bursitis"[MeSH Terms]) AND ("scapula"[MeSH Terms] OR "scapula"[All Fields] OR "scapulae"[All Fields] OR "scapulas"[All Fields]) AND (("shoulder"[MeSH Terms] OR "shoulder"[All Fields] OR "shoulders"[All Fields] OR "shoulders"[All Fields]) AND ("rehabilitant"[All Fields] OR "rehabilitants"[All Fields] OR "rehabilitate"[All Fields] OR "rehabilitated"[All Fields] OR "rehabilitates"[All Fields] OR "rehabilitating"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Terms] OR "rehabilitation"[All Fields] OR "rehabilitations"[All Fields] OR "rehabilitative"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Subheading] OR "rehabilitation s"[All Fields] OR "rehabilitational"[All Fields] OR "rehabilitator"[All Fields] OR "rehabilitators"[All Fields]))
```

COCHRANE library

È stata eseguita la ricerca avanzata con operatori booleani in “search manager”:

#1 frozen shoulder (search limits: “trial” + “search word variation”).

#2 adhesive capsulitis (search limits: “trial” + “search word variation”)

#3 scapula (search limits: “trial” + “search word variation”).

#4 shoulder rehabilitation. (search limits: “trial” + “search word variation”).

#4 surgery (search limits: “trial” + “search word variation”)

Tra i limiti di ricerca sono stati selezionati ‘applica parole correlate’ e ‘*trial*’; inoltre, è stata inserita come filtro la data di pubblicazione compresa tra gli anni 2015-2022.

→stringa di ricerca: ("frozen shoulder"):ti,ab,kw OR (adhesive capsulitis):ti,ab,kw AND (scapula stabilization):ti,ab,kw AND (shoulder rehabilitation):ti,ab,kw NOT (surgery):ti,ab,kw (Word variations have been searched)" with Publication Year from 2017 to 2022, in Trials (Word variations have been searched).

PEDro

Su PEDro sono state eseguite due ricerche semplici, utilizzando l'associazione dei termini '*frozen shoulder and scapula*' e '*adhesive capsulitis and scapula*'.

3.4 Selezione degli studi

La scelta degli studi da analizzare ed includere nella revisione è stata eseguita individualmente da un solo revisore, seguendo il processo di Identificazione degli studi, Screening, Eleggibilità e Inclusione. I risultati della ricerca delle banche dati sono stati analizzati tramite l'analisi dei titoli escludendo quelli non pertinenti. Successivamente, il processo di eleggibilità è stato effettuato leggendo l'abstract e, se necessario, il testo completo: quindi, gli studi che non rispettavano i criteri di inclusione scelti precedentemente sono stati esclusi. Infine, gli studi rimanenti sono stati analizzati ed inseriti in questa revisione.

L'intero processo di selezione è stato schematizzato con il PRISMA Flow Diagram (vedi Fig.10 in capitolo 4, "4.1 Risultati della selezione degli studi").

3.5 Processo di raccolta dati e tipo di dati estratti

I dati sono analizzati e raccolti da un solo revisore, con la lettura del testo completo di ogni singolo articolo, e l'inserimento manuale degli item nelle tabelle riportate nel capitolo 4, "4.2 Caratteristiche degli studi". Le informazioni che seguono sono state estratte dagli studi: nome del primo autore e data di pubblicazione, disegno dello studio, dimensione del campione, Paese di provenienza dello studio, età di inclusione dei soggetti, tipi di intervento, misure di outcome, valori degli outcome all'inizio dello studio, valori degli outcome al primo follow up.

3.6 Sintesi dei risultati

I risultati sono stati sintetizzati in modo schematico nella tabella sinottica presente nella sezione "4.2 Caratteristiche degli studi" e in modo narrativo nei paragrafi successivi.

4 RISULTATI

4.1 Risultati della selezione degli studi

Il processo di ricerca iniziale ha prodotto 375 studi, di cui 292 sono stati rimossi prima dello screening in quanto non inerenti alla revisione trattata, ed ulteriori 20 articoli scientifici sono stati rimossi in quanto duplicati. Da ricerche svolte utilizzando la bibliografia degli studi analizzati, sono stati integrati 4 studi: Prasanna et Al (2017), Wong et Al (2018), Tang et Al (2021), Meltem (2021) e Ayman et Al (2021 e 2022). Dopo la lettura di titolo ed abstract dei 69 testi rimanenti, sono risultati eleggibili 32 studi, tutti in lingua inglese. Infine, in seguito alla lettura del testo completo degli studi rimasti, sono stati esclusi dalla revisione 24 studi: nel dettaglio, 9 studi sono stati esclusi per la presenza, nella popolazione, di comorbilità; 14 sono stati rimossi in quanto prevedevano l'utilizzo di tecniche invasive non di pertinenza fisioterapica (come l'agopuntura); 1 è stato eliminato per incoerenze nei risultati.

In conclusione, sono stati analizzati e inclusi nella revisione 8 studi, i quali hanno soddisfatto i criteri di inclusione predefiniti.

La ricerca è stata schematizzata utilizzando il *PRISMA Flow Diagram* (Fig.10), che descrive dettagliatamente il numero degli studi analizzati e i motivi di esclusione di quelli non compresi nella revisione.

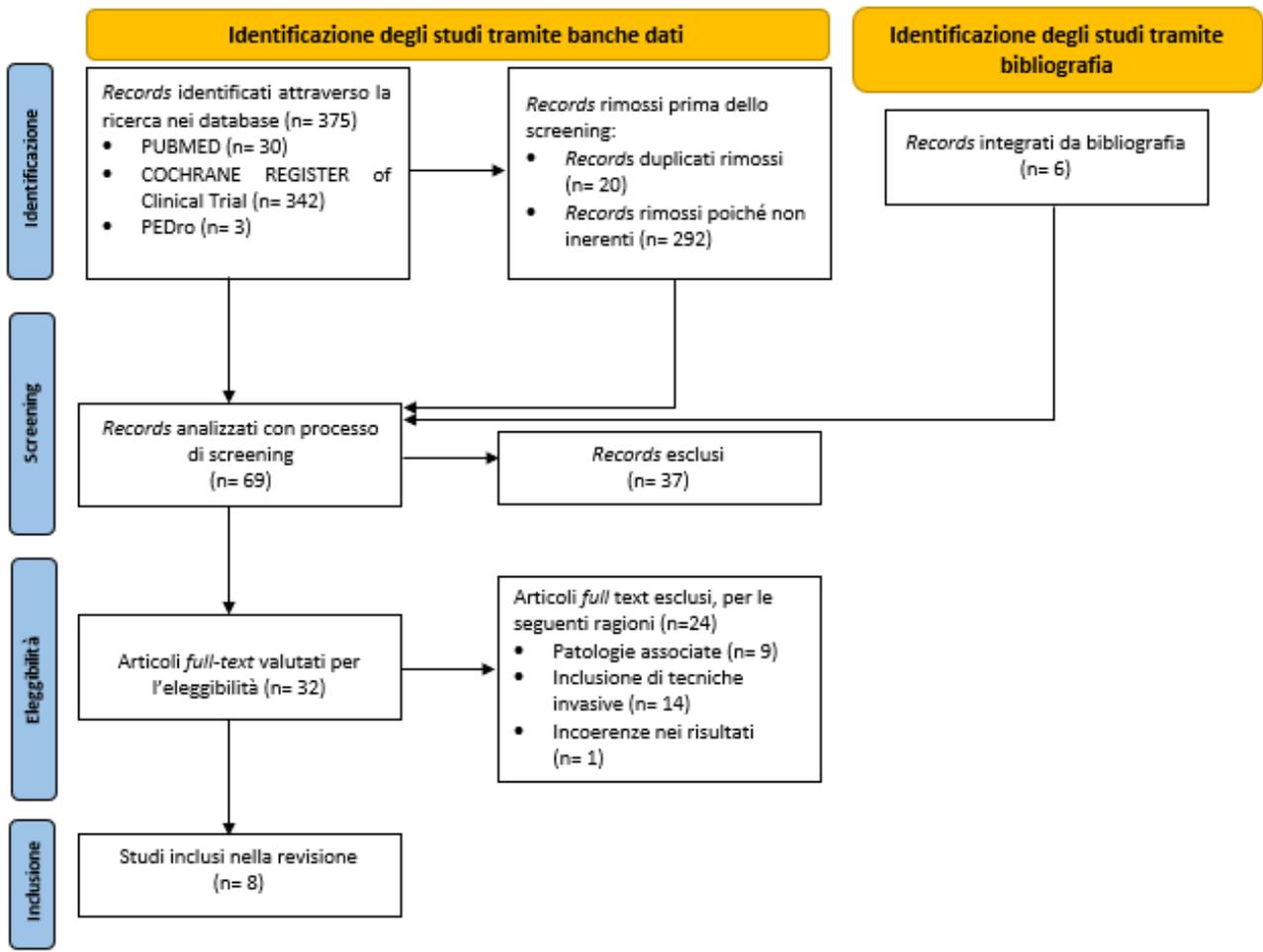


Fig.10-Flow Diagram per la selezione degli studi.

4.2 Caratteristiche degli studi

4.2.1 Irem et al (2019)⁴² – Trial Clinico Randomizzato Controllato - Turchia

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|--|--|-------------|--------------------------|--|---|
| ROM Flessione Abduzione Extrarotazione Intrarotazione Elevazione completa (attiva) Intrarotazione attiva (cm) Lunghezza capsula posteriore (cm) | Gruppo 1 (n=27) Mobilizzazione scapolare | 54 | 40-65 | ROM Flessione 132.6°±13.4 Abduzione 105°±16.5 ER 36°±15 IR 48.8°±16.5 El. completa 113°±16.2 IR attiva 29 cm±6.6 | ROM Flessione 140°±11.3 Abduzione 111°±13.7 ER 40.4°±14.5 IR 46.7°±15.7 El. completa 121°±15 IR attiva 20.5 cm±19 |
| | Gruppo 2 (n=27) Stretching capsula posteriore gleno-omerale | | | ROM Flessione 133°±19.3 Abduzione 102.5°±20.3 ER 39.3°±19 IR 51.4°±18.2 El. completa 113.5°±19.2 IR attiva 27.1 cm±9.6 | ROM Flessione 136.5°±18.2 Abduzione 110°±17.3 ER 42.3°±20.4 IR 55°±18 El. completa 118.6°±19.6 IR attiva 24 cm±9 |
| | | | | Lunghezza capsula post 6.4 cm±2.1 | Lunghezza capsula post 7.5 cm±2.2 |
| | | | | Lunghezza capsula post 7.1 cm±3 | Lunghezza capsula post 7.2 cm±5.5 |

4.2.2 Ayman et al (2020)⁴³ – Trial Clinico Randomizzato Controllato o test-retest - Egitto

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|---|---|-------------|--------------------------|--|--|
| ROM scapola rotazione verso l'alto ROM della spalla (utilizzando un inclinometro digitale) Flessione Abduzione Extrarotazione | Gruppo 1 Esercizi di controllo scapolare dinamico utilizzando un sistema a biofeedback | 66 | 40-60 | ROM scapola Rotazione verso l'alto 15.36°±12.34 | ROM scapola Rotazione verso l'alto 19.83°±6.76 |
| | Dolore e disabilità utilizzando l'indice SPADI | | | Gruppo 2 Esercizio terapeutico per l'arto superiore | ROM spalla Flessione 89.03°±7.37 Abduzione 76.67°±6.02 Extrarotazione 44.13°±11.54 SPADI 91.00±12.35 |
| | | | | | ROM scapola Rotazione verso l'alto 16.44°±8.94 |
| | | | | ROM spalla Flessione 87.76°±12.37 Abduzione 76.40°±10.41 Extrarotazione 43.80°±11.38 SPADI 92.35±11.26 | ROM spalla Flessione 90.32°±9.16 Abduzione: 85.13°±10.33 Extrarotazione 49.03°±9.56 SPADI 83.46±8.29 |

4.2.3 Wong et al (2018)⁵¹ – Serie di casi retrospettivi - Cina

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|---|--|-------------|--------------------------|---|---|
| PROM spalla Flessione Abduzione Extrarotazione Intrarotazione | Trattamento di regioni correlate con approccio basato sull'impairment: mobilizzazioni, stretching/rinforzo muscolare, educazione del paziente. | 5 | 40-66 | PROM Flessione: 117±10 Abduzione: 74±8 Extrarotazione: 23±7 Intrarotazione: 44±24 | PROM Flessione 179±12 Abduzione 175±9 Extrarotazione 89±2 Intrarotazione 46.2±3.7 |
| DASH (Disability of Arm Shoulder Hand score) | | | | DASH score 40.3±13.4 | DASH score 6.2±3.7 |

4.2.4 Ayman et al (2022)⁴⁷ – Trial Clinico Randomizzato Controllato - Turchia

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|--|---|-------------|--------------------------|--|--|
| Shoulder Pain and Disability Index (SPADI) | Gruppo 1 taping rigido associato ad esercizi di stabilizzazione scapolare dinamica | 67 | 40-60 | SPADI 70.74% | SPADI 60.74% |
| ROM scapola rotazione verso l'alto | | | | ROM scapola rotazione verso l'alto 12.41° | ROM scapola rotazione verso l'alto 20.06° |
| ROM spalla Flessione, Abduzione, Extrarotazione | Gruppo 2 sham taping associato ad esercizi di stabilizzazione scapolare dinamica | | | ROM spalla: Flessione 93° Abduzione 75.5° Extrarotazione 36.7° | ROM spalla: Flessione 106.6° Abduzione 89.7° Extrarotazione 37.5° |
| | | | | SPADI 69.39% | SPADI 68.64% |
| | | | | ROM scapola rotazione verso l'alto 12.21° | ROM scapola rotazione verso l'alto 17.03° |
| | | | | ROM spalla Flessione: 89.8° Abduzione: 74.24° Extrarotazione: 36.2° | ROM spalla: Flessione: 99.7° Abduzione: 83.6° Extrarotazione: 36.2° |

4.2.5 Meltem (2021)⁵² – Trial Clinico Randomizzato Controllato – Turchia

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|--|--|------------------------------------|--------------------------|--|---|
| DASH (Disability of Arm Shoulder Hand) | Gruppo 1 (n=15) Facilitazione neuromuscolare propriocettiva per l'arto superiore e la scapola | 30 | 35-65 | DASH 39.01±13.88 | DASH 15.61±11.31 |
| VAS (Visual Analog Scale) | | | | VAS: a riposo 3.53±1.84 durante le attività 7.06±1.53 di notte 6.2±2.33 | VAS: a riposo 0.73±0.96 durante le attività 2.26±1.33 di notte 1.46±1.35 |
| SPADI (Shoulder Pain and Disability index) | | | | SPADI: 56.50±15.31 | SPADI: 19.07±13.13 |
| PROM | | | | PROM (°) Flessione 167.60±10.34 | PROM (°) Flessione 175.73±9.97 |
| AROM | | | | Estensione 41.79±7.42 | Estensione 45±0 |
| | | | | Abduzione 132.24±31.39 | Abduzione 159.59±24.19 |
| | ER 52.51±24.85 | ER 70.81±21.91 | | | |
| | IR 75.74±15.89 | IR 82.59±11.28 | | | |
| | AROM (°) Flessione 150.22±14.93 | AROM (°) Flessione 169.28±15.22 | | | |
| | Estensione 39.70±9.63 | Estensione 45±0 | | | |
| | Abduzione 115.57±111.70 | Abduzione 145.42±28.54 | | | |
| | -ER: 41.47±21.25 | ER 64.03±23.38 | | | |
| | -IR: 71.65±18.70 | IR 81.21±12.52 | | | |

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
| Gruppo 2 (n=15) Programma di riabilitazione tradizionale di rinforzo e stretching gleno-omeroale | | | DASH 36.93±15.23 VAS a riposo 4.06±1.62 durante le attività 5.80±2.27 di notte 4.73±2.34 SPADI 47.02±16.20 PROM (°) Flessione 166.6- Estensione 41.46±5.19 Abduzione 131.63±30.41 ER 51.61±23.78 IR 72.90±18.77 AROM (°) Flessione 154.27±12.12 Estensione 38.17±8.63 Abduzione 111.70±24.80 ER 41.61±23.67 IR 67.70±21.32 | DASH 15.86±14.42 VAS a riposo 1.53±1.59 durante le attività 2.73±1.70 di notte: 2.06±2.15 SPADI: 21.63±15.48 PROM (°) Flessione 176.26±7.36 Estensione 43.73±4.22 Abduzione 160.39±26.15 ER 72.50±23.59 IR 82.33±11.92 AROM (°) Flessione 171.37±11.99 Estensione 42.84±5.94 Abduzione 147.99±31.70 ER 67.26±24.37 IR 79.06±15.85 |
|---|--|--|---|--|

4.2.6 Nilay et al (2016)⁵³ – Trial Clinico Randomizzato Controllato - Turchia

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------|--|--|
| ROM spalla Flessione Abduzione | Gruppo 1 PNF (n=18) | 53 | 45-65 | ROM spalla (°) Flessione 143.0 Abduzione 111.9 | ROM spalla (°) Flessione 151.8 Abduzione 119.7 |
| Visual Analog Scale (VAS) | Gruppo 2 esercizi classici (n=18) | | | Visual Analog Scale (VAS in cm): 6.07 | Visual Analog Scale (VAS in cm): 4.16 |
| | Gruppo 3 controllo (n=17) | | | ROM spalla (°) Flessione 144.4 Abduzione 131.2 | ROM spalla (°) Flessione 154.6 Abduzione 141.1 |
| | | | | Visual Analog Scale (VAS in cm): 4.67 | Visual Analog Scale (VAS in cm): 3.87 |
| | | | | ROM spalla (°) Flessione 127.6 Abduzione 112.8 | ROM spalla (°) Flessione 137.2 Abduzione 121.4 |
| | | | | Visual Analog Scale (VAS in cm): 6.55 | Visual Analog Scale (VAS in cm): 4.22 |

4.2.7 Weon Sik et al (2002)⁵⁴ – Studio Pilota - Corea

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|--|---|-------------|--------------------------|--|---|
| ROM spalla (°) Flessione Abduzione Extrarotazione Dolore (punteggio VAS) | Gruppo di studio (n=30) Esercizi per la cinematica scapolare+PNF muscolatura periscapolare | 30 | 40-70 | ROM spalla (°) Flessione 103.33±11.96 Abduzione 74.70±10.86 Extrarotazione 23.93±5.25 Dolore (punteggio VAS) 5.93±1.31 | ROM spalla (°) Flessione 147.07±14.94 Abduzione 101.03±13.49 Extrarotazione 42.43±6.47 Dolore (punteggio VAS) 2.10±0.99 |

4.2.8 Prasanna et Ak (2017)⁵⁵ – Trial Clinico Randomizzato Controllato - India

| Outcome | Intervento | N° campione | Età in anni partecipanti | Outcome pre-trattamento | Outcome al primo follow-up |
|---|---|-------------|--------------------------|--|--|
| Dolore (VAS) ROM spalla (°) Simple Shoulder Test: | Gruppo 1 (n=12) Tecniche PNF scapolari + terapie fisiche ed esercizi classici per AC | 24 | 40-70 | Dolore (VAS) 7.83 | Dolore (VAS) 3 |
| | Gruppo 2 (n=12) Esercizi classici per AC | | | AROM spalla (°) Flessione 57.08 Abduzione 47.33 Extrarotazione 21.75 PROM spalla (°) Flessione 64.75 Abduzione 53.83 Extrarotazione 25.08 Simple Shoulder Test (score) 2.17/12 | AROM spalla (°) Flessione 100.33 Abduzione 114.17 Extrarotazione 39.17 PROM spalla (°) Flessione 111.67 Abduzione 127.75 Extrarotazione 46.17 Simple Shoulder Test (score) 9.17/12 |
| | | | | Dolore (VAS) 7.42 | Dolore (VAS) 3.42 |
| | | | | AROM spalla (°) Flessione 51.67 Abduzione 52.5 Extrarotazione 21.92 PROM spalla (°) Flessione 56.67 Abduzione 56.42 Extrarotazione 26.42 Simple Shoulder Test (score) 3.08/12 | AROM spalla (°) Flessione 99.92 Abduzione 110.92 Extrarotazione 41.42 PROM spalla (°): Flessione 109.58 Abduzione 126.75 Extrarotazione: 46.08 Simple Shoulder Test: (score) 9/12 |

4.3 Risultati dei singoli studi

Lo studio Irem et al (2019)⁴², svolto in Turchia, è un Trial Randomizzato Controllato in cui sono stati inclusi 54 pazienti affetti da frozen shoulder in fase 3 (scongelamento). Il gruppo 1 (n=27) è stato trattato con mobilizzazione scapolare, il gruppo 2 (n=27) con stretching della capsula inferiore gleno-omerale. Secondo l'analisi degli *outcome* al primo follow-up, tutti i valori di *range of motion (ROM)* subiscono un aumento significativo, dimostrando che entrambe le tecniche sono efficaci nel miglioramento della mobilità articolare senza riportare significative differenze tra i due gruppi trattati, nonostante i gradi di mobilità recuperati a fine seduta siano leggermente superiori utilizzando la tecnica di mobilizzazione scapolare. In conclusione, secondo questo studio è importante trattare la scapola quanto rivolgere l'attenzione alla capsula gleno-omerale, in quanto ristabilire una corretta mobilità scapolare permette un ROM completo di spalla; inoltre, afferma che la parte posteriore della capsula articolare, essendo una struttura che funge da connessione tra l'omero e la scapola, influisce fortemente nella mobilità dell'arto superiore: per questo motivo, utilizzando tecniche di stretching di quest'ultima, si riscontrano effetti positivi.

In un trial condotto da Ayman et Al (2020)⁴³, un gruppo di studio è stato sottoposto ad esercizi di controllo muscolare della scapola: in particolare, utilizzando un dispositivo a biofeedback posizionato sulla spina della scapola, i pazienti venivano incoraggiati ad eseguire il maggior movimento possibile di abduzione delle scapole grazie a feedback dati da stimoli sonori. Il gruppo di studio, nonostante dopo due settimane dalla fine del trattamento abbia evidenziato miglioramenti solo nella rotazione esterna scapolare, nella flessione e nella abduzione di spalla, dopo due e sei mesi ha riportato un aumento del ROM in tutti i movimenti e anche un miglioramento del punteggio SPADI.

Un'ipotesi della causa dei miglioramenti consiste nell'aumento della consapevolezza del movimento scapolare, che si è instaurato sia a livello centrale che periferico. Inoltre, anche Kaya⁴⁴ ed Eriksson⁴⁵ hanno dimostrato che la ripetizione di un determinato movimento modifica l'input propriocettivo modulando il controllo dei fusi muscolari e inducendo aggiustamenti plastici nel sistema nervoso centrale: infatti i segnali ripetitivi provenienti dai meccanorecettori possono produrre aggiustamenti plastici nella corteccia, aumentando la rappresentazione corticale delle articolazioni e provocando un miglioramento della propriocezione articolare.

Vermeulen et al. (2002)⁴⁶ trattarono 10 pazienti con frozen shoulder unilaterale per 3 mesi e dimostrarono che nella spalla affetta, in confronto a quella controlaterale sana, la rotazione laterale della scapola iniziava prima ed era, di conseguenza, maggiore durante i movimenti di elevazione del braccio nei piani sagittale, scapolare e frontale.

In uno studio successivo di Ayman et al (2022)⁴⁷ è stata valutata l'alterazione della cinematica scapolare nei pazienti con diagnosi di capsulite adesiva, con conseguente aumento dell'extrarotazione scapolare utilizzata per compensare la limitazione del range di movimento (ROM) dell'articolazione gleno-omeroale, soprattutto nei movimenti di elevazione ed abduzione dell'arto superiore oltre i 90°.⁴⁸

Sono stati confrontati due gruppi di pazienti per poter esaminare gli effetti dell'aggiunta di una correzione verticale continua (con tape rigido) agli esercizi di propriocezione e di controllo neuromuscolare della scapola sulla rotazione scapolare verso l'alto, sul dolore alla spalla e sulla disabilità nelle persone con capsulite adesiva. Come dimostrano i risultati, descritti nella tabella del paragrafo 4.2.4, lo studio ha rivelato un miglioramento del ROM articolare, una diminuzione della discinesia scapolare, una riduzione del dolore e della disabilità della spalla utilizzando il taping per aumentare la durata della correzione data dall'esercizio scapolare dinamico: è stato dimostrato, infatti, che l'utilizzo del taping può migliorare la discinesia scapolare e la rotazione scapolare verso l'alto ripristinando la posizione normale della scapola permettendo ad essa di esprimere i corretti pattern di movimento dell'arto superiore e correggendo gli schemi anomali.⁴⁹

In seguito agli esercizi di riconoscimento dinamico della scapola e all'utilizzo associato del taping rigido, l'aumento della consapevolezza del movimento scapolare si è verificato sia a livello centrale che periferico. Perifericamente, l'allenamento della propriocezione produce un'alterazione morfologica (macro e microadattamenti) nei fusi muscolari stessi: i microadattamenti si verificano nelle fibre muscolari intrafusali come risultato di alcune alterazioni metaboliche, e i macroadattamenti si riscontrano come risultato della diminuzione della latenza di risposta del riflesso da stiramento e dell'aumento della sua ampiezza.⁵⁰

Il meccanismo centrale è stato spiegato da Kaya⁴⁴ ed Eriksson⁴⁵, che hanno rivelato che l'allenamento propriocettivo influenza i *feedback* sensitivi stimolando i motoneuroni gamma, i quali regolano la sensibilità dei fusi neuromuscolari. Infatti, i motoneuroni gamma permettono che le fibre intrafusali mantengano sempre un certo grado di attivazione, in qualsiasi condizione di stiramento del muscolo, e di conseguenza influenzano in modo direttamente proporzionale l'attivazione dei motoneuroni alfa, che innervano le fibre extrafusali. Questo meccanismo è denominato co-attivazione alfa-gamma, e permette al Sistema Nervoso Centrale di modulare le risposte efferenti grazie alle informazioni derivate dalla posizione e dal movimento, in questo caso delle fibre della muscolatura periscapolare.

Wong et Al (2018)⁵¹ hanno riportato una serie di casi retrospettivi di pazienti affetti da capsulite adesiva che hanno beneficiato di un approccio globale, nel quale il focus del terapeuta era rivolto anche alle regioni corporee correlate con la disfunzione della spalla (art. gleno-omeroale, art. scapolo toracica, colonna vertebrale,..) valutando gli impairment presenti per modificarli e rieducando il

paziente al corretto svolgimento delle attività di vita quotidiane, lavorative e del tempo libero. Durante il trattamento sono stati utilizzati interventi di terapia manuale, Tecniche ad Energia Muscolare (MET) e una fase finale di rieducazione neuromuscolare rivolta a tutti i segmenti facenti parte della catena cinetica superiore del corpo, che include la colonna vertebrale e il complesso articolare della spalla con tutte le sue articolazioni, scapolo-toracica inclusa. In particolare, Wong et Al.⁵¹ spiegano come la rieducazione neuromuscolare, il rinforzo muscolare e l'allenamento funzionale siano fondamentali per mantenere attivamente e nel lungo termine il ROM passivo raggiunto grazie alle altre tecniche utilizzate: nel dettaglio, vengono nominati esercizi di stabilizzazione della scapola, come ad esempio l'utilizzo di diverse modalità di plank e di esercizi comprendenti movimenti overhead dell'arto superiore, focalizzando l'attenzione nel controllo scapolare. Nei risultati si menzionano un recupero del ROM completo (o quasi completo) della spalla in flessione, abduzione, rotazione esterna; inoltre, il punteggio *Disability of Arm Shoulder Hand* (DASH) ha dimostrato un miglioramento mantenuto anche a lungo termine. Questo studio dimostra che un approccio globale, rivolto a più articolazioni che contribuiscono alla funzionalità della spalla, è efficace e permette di ottenere i migliori outcome possibili nel trattamento della capsulite adesiva, anche nel lungo termine; gli outcome riportati dettagliatamente sono consultabili al paragrafo 4.2.3.

In uno studio di Meltem et al (2021)⁵², un Trial Clinico Randomizzato Controllato, sono stati comparati due tipi di trattamento: un gruppo di pazienti è stato sottoposto ad esercizi di facilitazione neuromuscolare propriocettiva (PNF) volti all'arto superiore e alla scapola; il gruppo di controllo ha seguito un programma di riabilitazione tradizionale per la capsulite adesiva, comprendente un pool di esercizi di rinforzo e stretching della muscolatura dell'articolazione gleno-omeroale.

Gli esercizi proposti per il gruppo di studio erano basati sull'applicazione del principio *hold-relax* ai muscoli rotatori della spalla; per il gruppo di controllo, sono stati proposti ed utilizzati esercizi di automobilizzazione (soprattutto in rotazione esterna e abduzione), terapia manuale (mobilizzazione della capsula gleno-omeroale...) e terapie fisiche (ultrasuoni, tecarterapia).

Dagli *outcome* riscontrati si evince che l'utilizzo della Facilitazione Neuromuscolare Propriocettiva (PNF), sfruttando i *feedback* propriocettivi e la rieducazione della cinestesia del cingolo scapolo omeroale, sia una tecnica efficace per migliorare la forza muscolare, il ROM articolare, la stabilità ed il controllo neuromuscolare dell'arto superiore.

Nilay et Al (2016)⁵³ hanno condotto un trial randomizzato controllato con lo scopo di confrontare l'effetto dell'utilizzo di esercizi di PNF scapolari ed esercizi classici associati alle principali modalità fisioterapiche su dolore (VAS), discinesia scapolare, ROM della spalla e funzionalità dell'arto superiore. Secondo i risultati ottenuti, sia gli esercizi PNF scapolari che gli approcci classici

combinati con le terapie fisiche sono stati efficaci per migliorare, nel breve termine, il ROM e la funzionalità della spalla. Gli approcci applicati nei gruppi PNF e di controllo sono stati efficaci per ridurre l'intensità del dolore, mentre non è stato riscontrato alcun effetto significativo sull'intensità del dolore nel gruppo degli esercizi classici. Non sono stati riscontrati effetti sulla discinesia scapolare in nessuno dei gruppi e, inoltre, non sono state riscontrate significative differenze tra i gruppi. In conclusione, è stato riscontrato che gli esercizi PNF scapolari combinati con modalità fisioterapiche erano efficaci per migliorare il dolore, la funzionalità della spalla e il ROM, ma non ha raggiunto risultati migliori rispetto alle altre strategie terapeutiche: di conseguenza, gli autori affermano che il PNF possa essere efficace se inserito in un programma di riabilitazione regolare a lungo termine.

Un importante limite di questo studio è che sono stati valutati solo gli effetti iniziali degli esercizi scapolari PNF e degli esercizi classici: sarebbero necessari dunque ulteriori studi per confrontare l'andamento degli outcome nel lungo termine. Un altro limite di questo trial clinico è stata la misurazione del ROM in soli due piani, analizzando solo la flessione e l'abduzione della spalla, escludendo la valutazione delle rotazioni della gleno-omeroale.

Weon-Sik et al. (2002)⁵⁴ hanno studiato gli effetti dell'analisi della cinematica scapolare e di tecniche *hold-relax* facenti parte della facilitazione neuromuscolare propriocettiva (PNF). Il campione di questo studio è composto da 30 pazienti affetti da frozen shoulder, di cui 9 uomini e 21 donne. Gli outcome valutati sono il ROM della spalla attraverso la valutazione di flessione, abduzione ed extrarotazione con un goniometro e la valutazione del dolore mediante la scala VAS, sia prima del trattamento che ai follow up dopo 4 settimane. I risultati riportano che, nel lungo termine, ci sono miglioramenti sia nel ROM, in tutti i movimenti analizzati, che nella scala VAS, nonostante si siano osservate differenze nelle tempistiche di miglioramento degli outcome in considerazione.

In uno studio condotto da Prasanna et Al (2022)⁵⁵ si confronta l'efficacia delle tecniche di facilitazione neuromuscolare propriocettiva scapolare (PNF) e della fisioterapia convenzionale in pazienti affetti da capsulite adesiva. I soggetti del gruppo 1 (n=12) sono trattati con tecniche di facilitazione neuromuscolare propriocettiva scapolare (PNF) e il gruppo 2 (n=12) sono trattati con un approccio classico fisioterapico per la frozen shoulder, come esercizi di stretching per la capsula anteriore e inferiore gleno-omeroale, esercizi di Codman, etc. Il gruppo 1 mostra una riduzione significativa del dolore e un miglioramento del range di movimento della spalla e delle attività funzionali, in quanto, secondo questo studio, le tecniche di facilitazione neuromuscolare propriocettiva (PNF) permettono di migliorare il ROM articolare grazie all'allungamento degli organi tendinei del Golgi, che stimolano il rilassamento dei muscoli antagonisti.

5 DISCUSSIONE

5.1 Discussione

Nonostante la frozen shoulder e le strategie terapeutiche ad essa rivolte siano ampiamente trattate in letteratura, sono emersi pochi studi che si focalizzano nella fase finale del trattamento, in cui le disfunzioni riguardanti l'articolazione della gleno-omeroale sono state risolte. Essendo la spalla un complesso articolare composto da cinque articolazioni, che partecipano sinergicamente ai movimenti della spalla, e vista l'importanza che riveste il corretto orientamento della glena per la completa ampiezza di movimenti della spalla, è fondamentale rivolgere l'attenzione anche alla mobilità dell'articolazione scapolo-toracica.

Generalmente, le articolazioni gleno-omeroale e scapolo-toracica sono le più colpite dalle patologie della spalla ed è stato dimostrato che qualsiasi anomalia in esse possa provocare una significativa limitazione in tutte le attività della vita quotidiana e/o lavorative, soprattutto quelle che prevedono movimenti *overhead*.⁵⁶

Focalizzandoci nell'articolazione scapolo-toracica, in particolare, è noto che la compromissione della stabilità statica e dinamica e della propriocezione della scapola siano disfunzioni comuni nei pazienti affetti da patologie della spalla, capsulite adesiva inclusa.^{57,58}

Nel caso della frozen shoulder, l'abnorme mobilità scapolare che si instaura per compensare la riduzione dei movimenti permessi dall'articolazione gleno-omeroale può causare disfunzioni significative nei movimenti, soprattutto quelli *overhead*, che perdurano anche nel lungo termine.

Come riscontrato negli studi analizzati precedentemente (vedi cap. 4.3 "Risultati dei singoli studi"), è noto che le anomalie funzionali della spalla si riflettano in tutte le articolazioni del complesso articolare del cingolo scapolo-omeroale, in particolar modo nell'articolazione scapolo-toracica, nella quale i pattern fisiologici di movimento si modificano.

Di conseguenza, una reiterata variazione della cinematica del cingolo scapolo omeroale influisce negativamente sulla muscolatura scapolare, influenzando negativamente anche sulla propriocezione⁵⁹: questo causa un deficit di feedback propriocettivi e un inadeguato controllo neuromuscolare, risultando nell'instaurazione di un'anomala attivazione dei muscoli periscapolari che altera cinestesia e propriocezione dell'articolazione, influenzando negativamente il movimento globale dell'arto superiore e la sua funzionalità.

In primis, la cinematica scapolare nei pazienti con spalla congelata è un fattore importante da prendere in considerazione in quanto potrebbe dare un apparente miglioramento, in termini di quantità, del range di movimento dell'articolazione della spalla ma, qualitativamente, il controllo neuromuscolare e la funzionalità del cingolo scapolo omerale risultano alterati; viceversa, una limitata mobilità scapolare non permette al cingolo scapolo-omerale di esprimere il range di movimento completo in quanto, come visto nei paragrafi riguardanti la biomeccanica della spalla, la scapola deve orientarsi in maniera corretta per permettere all'arto superiore di orientarsi nello spazio senza limitazioni. Per questo motivo, la riabilitazione dei pazienti affetti da capsulite adesiva dovrebbe prendere in considerazione anche la mobilità e il controllo scapolari.

Ad esempio, come visto precedentemente nello studio di Irem et al (2019)⁴², è stato dimostrato che il range di movimento totale dell'articolazione della spalla è aumentato sia utilizzando tecniche di mobilizzazione scapolare sia in quello di trattamento della capsula gleno-omerale posteriore: analizzando i movimenti di abduzione e rotazione esterna, è emerso che la mobilizzazione scapolare, rispetto allo stretching della parte posteriore della capsula, permette un maggior aumento del ROM a fine seduta (rispettivamente, abduzione +10°/+5°, rotazione esterna +5.5°/+1.2°).

La base neurofisiologica delle tecniche di mobilizzazione articolare sembra essere spiegato essenzialmente dalla stimolazione dei meccanocettori periferici e dall'inibizione dei nocicettori^{60,61}, che permettono di rilassare i tessuti molli adiacenti e, dunque, di migliorare la mobilità globale della spalla.

Oltre al fuso neuromuscolare, che è la principale unità sensoriale che permette di identificare la posizione di un'articolazione, i meccanocettori capsulo-legamentosi contribuiscono alla cinestesia dell'articolazione e vengono attivati dalla deformazione dei tessuti muscolo-scheletrici⁶², soprattutto agli ultimi gradi del ROM articolare, quando sia le fibre muscolari che il tendine corrispondente si trovano in uno stato di tensione^{63,64}. L'attivazione dei meccanocettori periferici a livello di muscoli, articolazioni e cute fornisce al Sistema Nervoso Centrale informazioni sensoriali riguardo la posizione e il movimento dell'articolazione, con il fine di regolare l'azione motoria⁶⁴.

Applicando questi concetti alla pratica clinica, Ayman et al (2020)⁴³ hanno dimostrato che gli esercizi di controllo neuromuscolare della scapola sono efficaci nel trattamento della capsulite adesiva, in quanto l'ipoattivazione dei muscoli stabilizzatori scapolari può essere responsabile dell'alterata cinestesia dell'arto superiore e, quindi, della riduzione del ROM dell'articolazione della spalla.

Concretamente, Lan et al (2021)⁶⁵ hanno dimostrato che i pazienti con patologie di spalla di solito presentano discinesia scapolare e che esiste una stretta relazione tra l'alterata cinematica scapolare e lo squilibrio muscolare periscapolare, confermando che il controllo neuromuscolare riveste una parte fondamentale nella riabilitazione della spalla e che gli esercizi di stabilizzazione scapolare sono risultati efficaci per ridurre il dolore e migliorare la funzionalità di tutto il cingolo scapolo-omeroale, fornendo una base stabile all'arto superiore⁶⁶. In questo studio, infatti, è stata dimostrata l'efficacia di esercizi di stabilizzazione scapolare redatti in base alla rilevazione dello squilibrio muscolare, differente per ogni tipo di Discinesia Scapolare (SD). Infatti, in caso di discinesia scapolare, si riscontrano tipicamente muscoli ipotonici (ad esempio il trapezio medio, il trapezio inferiore, il dentato anteriore ed i romboidi) che necessitano di rinforzo muscolare e che venga ristabilito un corretto pattern di attivazione. Infatti, grazie all'intervento di questi muscoli la scapola può muoversi in abduzione, adduzione e rotazione verso l'alto, extrarotazione e tilt posteriore e la loro attivazione è fondamentale per la stabilizzazione dinamica della scapola, soprattutto durante i movimenti *overhead* dell'arto superiore.⁶⁷ Altri muscoli invece, come il piccolo pettorale, l'elevatore della scapola, il trapezio superiore e il grande rotondo, solitamente sono ipertonici e devono essere inibiti; se il piccolo pettorale è troppo teso, infatti, si verifica un aumento del tilt anteriore e della rotazione interna scapolare e una diminuzione della rotazione scapolare verso l'alto, con conseguente riduzione dello spazio subacromiale.⁶⁸

Quindi, si evince che è necessario ristabilire un corretto equilibrio della muscolatura, rinforzando i muscoli ipovalidi e favorendo l'allungamento di quelli tesi e/o ipertonici.

Ne risulta che, nella pratica fisioterapica, includendo esercizi di rinforzo, controllo e stretching per i muscoli periscapolari, si migliorano la capacità di percepire la posizione della scapola e la cinematica scapolare, consentendo alla scapola di essere una base stabile per l'attivazione muscolare dei muscoli appendicolari e di costituire un anello solido e funzionale della catena cinetica di cui fa parte.⁶⁹

5.2 Valutazione e trattamento delle alterazioni della cinematica scapolare

Per identificare eventuali alterazioni della cinematica scapolare è necessario eseguire una valutazione funzionale del cingolo scapolare, osservando eventuali asimmetrie statiche e dinamiche della scapola ed effettuando alcuni test manuali.

Nell'esame obiettivo, inizialmente si osserva il paziente staticamente, in posizione seduta e con i palmi delle mani appoggiati sulle cosce, e si individuano i principali punti di repere della scapola per valutarne i rapporti con le strutture adiacenti: il bordo mediale, l'angolo supero-mediale, l'angolo

infero-mediale e la spina della scapola. In questa posizione, in rapporto alla colonna vertebrale e comparando la scapola in esame a quella controlaterale, si possono osservare eventuali asimmetrie e identificarne l'eziologia, tipicamente correlata a un disequilibrio della muscolatura periscapolare.

Successivamente si passa all'osservazione dinamica, fase in cui si possono utilizzare vari test, come ad esempio il *Dynamic Scapular Dyskinesis test* (Fig.11), lo *Scapular Assistance Test* (Fig.12), lo *Scapular Repositioning Test* (Fig.13) e il *Lateral Scapular Slide test* (Fig.14).

Il *Dynamic Scapular Dyskinesis test*⁷⁰ consiste nel far eseguire al paziente, con un peso di 1 kg su entrambe le mani, prima un movimento di flessione (c) e poi di abduzione (b) con entrambi gli arti superiori. I movimenti vanno eseguiti con i pollici rivolti cranialmente e l'arco di movimento completo deve concludersi in tre secondi. Il clinico osserva se ci sono dei movimenti di *winging* scapolare, definito come dislocamento posteriore del bordo mediale o dell'angolo inferiore della scapola dal torace, o se si evidenzia una mancanza di coordinazione nei movimenti tra le due scapole: ad esempio la scapola potrebbe iniziare a muoversi anticipatamente in elevazione o in maniera scoordinata rispetto alla controlaterale quando l'arto viene riportato in posizione neutra. Ogni anomalia viene annotata con un "sì" (discinesia presente) o con un "no" (movimento fisiologico).

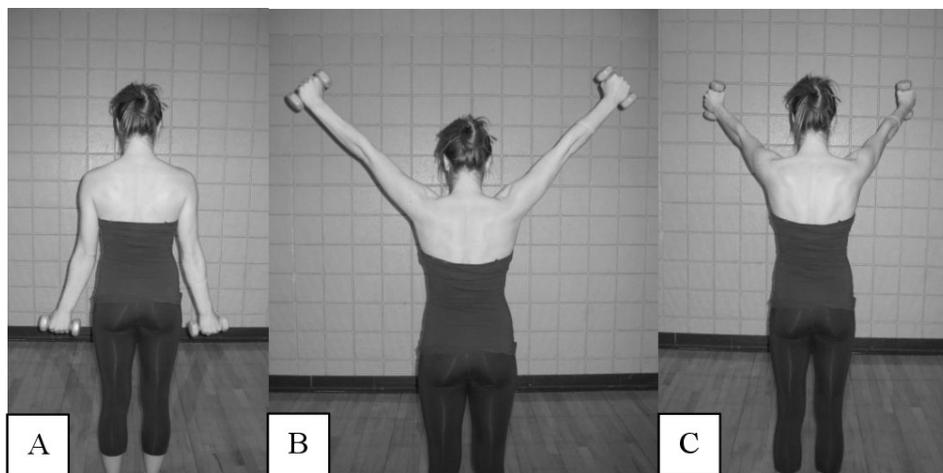


Fig.11-Dynamic Scapular Dyskinesis Test

I successivi test sono utili per valutare se l'intervento manuale di correzione del movimento ne modifica la cinematica: lo *Scapular Assistance Test* consiste nel favorire la rotazione verso l'alto della scapola durante il movimento di elevazione dell'arto superiore, accompagnando con una mano l'angolo inferiore della scapola in direzione laterale e craniale, mentre con l'altra mano il clinico stabilizza l'angolo superiore; il test è positivo quando la manovra riduce i sintomi del paziente e/o migliora il movimento dell'arto superiore.



Fig.12-Scapular Assistance Test

Lo *Scapular Repositioning Test* consiste nello stabilizzare il bordo mediale della scapola mantenendola in una posizione di retrazione. Il test è positivo se la stabilizzazione del clinico riduce la sintomatologia dolorosa o se durante il test isometrico si riscontra un aumento della forza nell'elevazione del braccio.



Fig.13-Scapular Repositioning Test

Il *Lateral Scapular Slide test* è un metodo usato per la valutazione della discinesia scapolare basato sulla misurazione della distanza tra l'angolo inferiore della scapola e la corrispondente spinosa della colonna vertebrale, in proiezione. La differenza tra i due lati è misurata con un metro in tre differenti situazioni: quando gli arti superiori sono posizionati lungo il corpo in posizione di riposo (a), con le mani sui fianchi (b) e con le braccia in abduzione di 90° (c). Il test è positivo nel caso in cui la distanza rispetto al valore controlaterale sia maggiore o uguale a 1.5 cm.

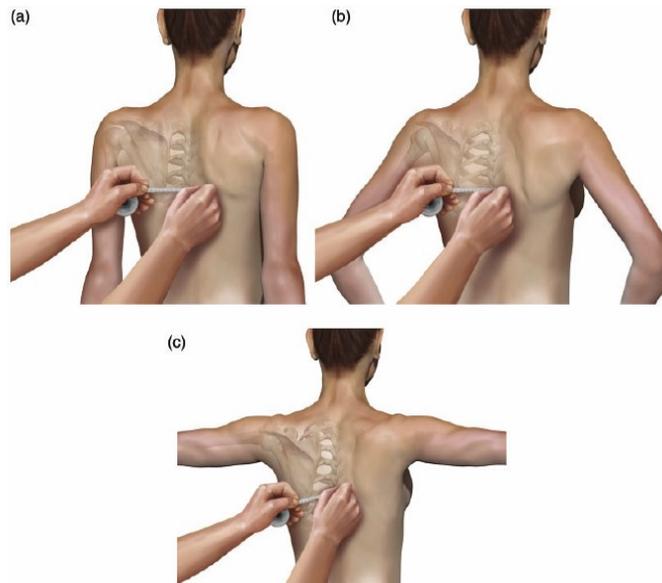


Fig.14-Lateral Scapular Slide Test

Una valutazione dettagliata è fondamentale in quanto è la base per poter impostare un piano di trattamento su misura e adeguato per il paziente con lo scopo di ridurre il dolore, migliorare la forza muscolare, modificare l'atteggiamento della scapola e rieducarne il controllo dinamico.⁷¹

Nel trattamento delle alterazioni della cinematica scapolare si utilizzano, progressivamente, diverse tecniche, tra cui la terapia manuale, l'esercizio terapeutico, la rieducazione propriocettiva e la rieducazione posturale.

Nella prima fase, prevalentemente passiva, la terapia manuale svolta dal fisioterapista permette di migliorare la mobilità e l'elasticità delle strutture che possono causare limitazioni del movimento della scapola e di ridurre il dolore di origine mio-fasciale; successivamente, si educa il paziente al controllo neuromuscolare ed allo sviluppo di mobilizzazioni attive volontarie, con esercizi di attivazione e rinforzo muscolare in particolare dei muscoli trapezio medio e inferiore e dentato anteriore. Il rinforzo del dentato anteriore è importante nei pazienti con alterazioni della cinematica scapolare, in quanto è l'unico muscolo che permette di eseguire movimenti di rotazione della scapola tridimensionali (rotazione verso l'alto della scapola, *tilt* e rotazione esterna dell'articolazione acromio-claveare). Anche trapezio medio e inferiore sono rilevanti nella rieducazione del controllo neuromuscolare, in quanto spesso si presentano ipovalidi rispetto al trapezio superiore; alcuni esercizi che permettono di attivare il trapezio medio e quello inferiore sono la flessione di spalla (fino a 135°) in decubito laterale, l'abduzione orizzontale associata all'extrarotazione di spalla in posizione prona e l'extrarotazione gleno-omeroale in decubito laterale.

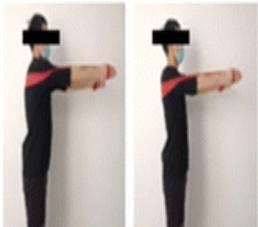
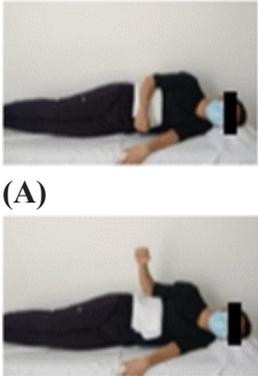
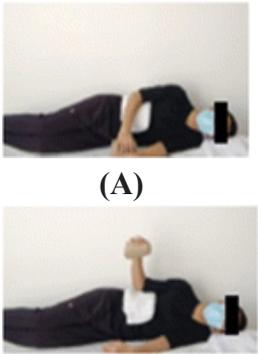
La prima fase di coscientizzazione dei movimenti scapolari è spesso difficoltosa per i pazienti, in quanto sono ostacolati a percepire i feedback di movimento scapolare non potendo usare l'integrazione visiva: una tecnica efficace da utilizzare nella pratica clinica, in questi casi, potrebbe essere l'utilizzo di specchi per permettere al paziente di osservare come e quanto si sta muovendo.

Una volta integrati i movimenti nel repertorio motorio del paziente, le fasi successive si pongono come obiettivo un progressivo rinforzo della muscolatura del cingolo scapolare, utilizzando esercizi (inizialmente in isometria) con omero e scapola nei diversi piani di movimento; inoltre, si associano esercizi volti alla rieducazione propriocettiva, con l'obiettivo di recuperare la stabilità scapolare e ripristinarne la coordinazione con i movimenti dell'omero.

Infine, una volta riacquisita la coordinazione articolare e la forza muscolare, si procede aumentando progressivamente il controllo neuromuscolare e i carichi di lavoro nei diversi movimenti dell'arto, continuando con le isometrie e inserendo esercizi isotonici ed isocinetici.

In seguito, si riportano alcuni esercizi di stretching e di rieducazione al controllo neuromuscolare della muscolatura periscapolare.

| | | | |
|--|---|--|--|
| <u>Stretching</u> <u>gran pettorale</u> | <p>a. Il soggetto è in piedi, con il braccio affetto posizionato alla parete e la flessione del gomito a 90°; il soggetto esegue lo stretching piegandosi in avanti.</p> |  | <p>Intensità: dipende dalla sensazione soggettiva del paziente.</p> <p>Esercizio di stretching: Ogni ripetizione viene eseguita per 3 volte. Lo stiramento si esegue per 5 respiri addominali alla volta, con un intervallo di 1 minuto tra i tempi.</p> |
| | <p>b. Il soggetto è in piedi, di fronte ad un tavolo su cui bordo appoggia le mani, utilizzandolo come sostegno; quindi esegue lo stretching accovacciandosi lentamente.</p> |  | |
| <u>Stretching</u> <u>grande rotondo</u> | <p>Il soggetto è in piedi ed esegue lentamente la flessione della spalla</p> |  | |
| <u>Stretching</u> <u>trapezio superiore</u> | <p>Il soggetto è seduto, con la mano interessata premuta sotto il gluteo; il soggetto inclina la testa verso il lato sano e poi ruota verso il lato interessato; il soggetto esegue lo stiramento abbassandosi lentamente la testa.</p> |  | |

| | | | |
|---|--|---|---|
| <u>Rinforzo</u> <u>dentato anteriore</u> | <p>Fase 1: Esercizio a corpo libero</p> <p>Il soggetto è in stazione eretta, con la spalla in flessione di 90°; esegue anteposizione di scapola (A) e retroposizione (B).</p> | <p>Esercizio a corpo libero</p>  <p>(A) (B)</p> | <p>Esercizio di rinforzo:</p> <p>Ogni esercizio attivo viene fatto progredire da 10 ripetizioni*3 serie a 15 ripetizioni*3 serie. Se il soggetto ha completato con facilità 15 ripetizioni*3 serie di esercizi attivi, si può passare all'esercizio con resistenza. Quando il paziente è in grado di completare agevolmente la resistenza più bassa, viene somministrata una resistenza maggiore.</p> <p>La durata della contrazione muscolare è di circa 5 secondi, con un intervallo di 1 minuto tra le serie.</p> |
| | <p>Fase 2: Esercizio con resistenza</p> <p>Il soggetto è in piedi, con l'elastico in mano, con la spalla in flessione a 90°; il soggetto esegue lentamente la protrazione scapolare (A) e la retrazione (B).</p> | <p>Esercizio con resistenza:</p>  <p>(A) (B)</p> | |
| <u>Rinforzo</u> <u>trapezio</u> <u>medio/inferiore</u> | <p>Fase 1: esercizio attivo</p> <p>L'esercizio inizia con l'individuo in posizione laterale con la spalla in posizione neutra e il gomito flesso a 90° (A). Eseguire la rotazione esterna della spalla con un asciugamano tra il gomito e il tronco (B), evitando i movimenti di compensazione.</p> | <p>Esercizio attivo:</p>  <p>(A) (B)</p> | <p>Frequenza: una volta al giorno, per 6 settimane.</p> |
| | <p>Fase 2: Esercizio con resistenza</p> <p>Si aggiunge un peso, che funge da resistenza per questo esercizio.</p> | <p>Esercizio con resistenza:</p>  <p>(A) (B)</p> | |

| | | |
|--|---|---|
| <u>Rinforzo</u> <u>romboide</u> | <p>Fase 1: esercizio attivo</p> <p>Il paziente è seduto, fa un respiro profondo, portando le spalle all'indietro e i gomiti posteriormente, cercando di avvicinare la scapola il più possibile alla colonna vertebrale; si chiede di mantenere la posizione per 5 secondi, poi di tornare lentamente alla posizione di partenza espirando.</p> | <p>Esercizio attivo:</p>  |
| | <p>Fase 2: esercizio con resistenza</p> <p>Il soggetto esegue lo stesso esercizio dello step precedente ma aggiungendo la resistenza di un elastico, tenuto con entrambe le mani</p> | <p>Esercizio con resistenza:</p>  |

Successivamente si prosegue con esercizi di difficoltà progressiva: si includono *plank* (anche variando l'angolo di flessione di gomito per includere fasci muscolari differenti), *push-up* (variando l'abduzione delle spalle e i supporti su cui poggiano le mani inserendo anche elementi instabili per aumentare la difficoltà), esercizi di abduzione da prona (con o senza resistenza, variando gli angoli di abduzione della gleno-omero e di flessione del gomito, eseguendoli unilateralmente o bilateralmente), esercizi in rotazione di tronco (con resistenza progressiva); altri esercizi utili per la stabilizzazione scapolare si possono svolgere utilizzando degli elastici di resistenza progressiva: *rowing*, rematore, rotazione esterna bilaterale e/o unilaterale/intrarotazione/estensione di gleno-omero, esercizi di rinforzo del piccolo rotondo (con un elastico fissato in basso, spalla in abduzione di 90° e gomito flesso a 90° si esegue un'extrarotazione di spalla).

5.3 Limiti della revisione

Un limite di questa revisione è la mancanza di affidabilità inter-operatore e intra-operatore.

Trattandosi di una tesi di laurea infatti, tutto il processo di ricerca, selezione degli studi, estrazione dei dati, e valutazione critica degli studi, è stato eseguito individualmente da una sola persona senza ripetizioni successive. Per lo stesso motivo non è stato eseguito neanche un protocollo di revisione e la sua registrazione. Un altro limite è quello di aver eseguito la sintesi dei risultati in modo narrativo, senza una valutazione qualitativa delle evidenze, per esempio con il metodo GRADE.

Inoltre, a causa dell'eterogeneità degli studi analizzati, l'unico *outcome* in comune a tutti è stato il ROM articolare nei movimenti di flessione, abduzione ed extrarotazione; infatti, gli altri outcome emersi (VAS, SPADI, DASH, *Simple Shoulder Test score*) non sono comparabili in quanto non presenti in tutti i risultati.

5.4 Conclusioni

In questa revisione narrativa si è valutata l'efficacia dell'osservazione e dell'associazione della rieducazione del movimento scapolare combinata con il trattamento tradizionale della capsulite adesiva.

Analizzando attentamente l'anatomia e la biomeccanica del complesso articolare della spalla, ne deriva che, superate le prime due fasi di decorso della patologia in oggetto, è importante focalizzarsi non solo sul trattamento dell'articolazione gleno-omeroale, ma anche sulla rieducazione dei movimenti dell'articolazione scapolo-toracica. Quest'ultima, infatti, permette il raggiungimento dell'ampiezza completa del range articolare della spalla e, come descritto precedentemente, spesso la cinematica scapolare viene alterata in seguito alla reiterazione di pattern scorretti di movimento.

Negli studi analizzati sono stati riscontrati miglioramenti consistenti grazie al trattamento della scapola, sia con tecniche passive che con esercizi attivi di coscientizzazione del cingolo scapolo omeroale: il ripristino della cinematica della scapola e la correzione di pattern anormali di attivazione muscolare hanno contribuito, ad esempio, a migliorare il ROM articolare della spalla grazie ad un corretto impegno della scapola durante i movimenti dell'arto superiore.

Nilay et Al (2016)⁵³ hanno dimostrato che ogni proposta terapeutica per il trattamento della spalla dovrebbe prendere in considerazione il ruolo della scapola, in quanto la fisiologica cinematica scapolare è essenziale per i meccanismi di feedback intrinseci e la cinestesia del cingolo scapolo omeroale, che spesso compromettono la pianificazione e il controllo dei movimenti dell'arto superiore.

Gli obiettivi del trattamento medico e fisioterapico nelle persone affette da capsulite adesiva devono quindi essere l'aumento della mobilità gleno-omeroale e la successiva rieducazione della cinematica scapolare, normalizzando gli schemi di movimento scapolo-toracici (ST) maladattivi, per aumentare la funzionalità globale della spalla.

Pertanto, la valutazione oggettiva e la rieducazione del movimento dell'articolazione gleno-omeroale e dei movimenti compensatori dell'articolazione scapolo-toracica (ST) è di forte interesse per migliorare gli outcome nel trattamento della capsulite adesiva e prevenire patologie secondarie o il riemergere della sintomatologia patologica.

Nelle patologie di spalla, i movimenti dell'articolazione scapolo-toracica e i pattern di attivazione della muscolatura periscopolare subiscono variazioni patologiche e rimangono alterati, anche nel lungo termine⁷²: per questo è importante che i prossimi studi valutino l'effetto dell'associazione di strategie terapeutiche tradizionali rivolte all'articolazione gleno-omeroale alla rieducazione della cinematica scapolare, parte integrante del movimento della spalla.

BIBLIOGRAFIA

1. De Sire A, Agostini F, Bernetti A, Mangone M, Ruggiero M, Dinatale S, Chiappetta A, Paoloni M, Ammendolia A, Paolucci T. “*Non-Surgical and Rehabilitative Interventions in Patients with Frozen Shoulder: Umbrella Review of Systematic Reviews*”. J Pain Res. 2022 Aug 19;15:2449-2464. doi: 10.2147/JPR.S371513. PMID: 36016536; PMCID: PMC9397530.
2. Hsu JE, Anakwenze OA, Warrender WJ, Abboud JA. “*Current review of adhesive capsulitis*”. J Shoulder Elbow Surg. 2011 Apr;20(3):502-14. doi: 10.1016/j.jse.2010.08.023. Epub 2010 Dec 16. PMID: 21167743.
3. Kapandji A.I (2009), “*Complesso articolare della spalla*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore” Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 22-25.
4. Fayad F, Roby-Brami A, Yazbeck C, Hanne-ton S, Lefevre-Colau MM, Gautheron V, Poiraudau S, Revel M. “*Three-dimensional scapular kinematics and scapulohumeral rhythm in patients with glenohumeral osteoarthritis or frozen shoulder*”. J Biomech. 2008;41(2):326-32. doi: 10.1016/j.jbiomech.2007.09.004. Epub 2007 Oct 18. PMID: 17949728
5. Kapandji A.I (2009), “*Articolazione scapolo-toracica*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 40-42
6. Fayad F, Roby-Brami A, Yazbeck C, Hanne-ton S, Lefevre-Colau MM, Gautheron V, Poiraudau S, Revel M. “*Three-dimensional scapular kinematics and scapulohumeral rhythm in patients with glenohumeral osteoarthritis or frozen shoulder*”. J Biomech. 2008;41(2):326-32. doi: 10.1016/j.jbiomech.2007.09.004. Epub 2007 Oct 18. PMID: 17949728.
7. Kapandji A.I (2009), “*Fisiologia della spalla*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 4-6
8. Kapandji A.I (2009), “*Fisiologia della spalla*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 6-7
9. Kapandji A.I (2009), “*L’abduzione*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 8-9
10. Kapandji A.I (2009), “*Rotazione del braccio sul suo asse longitudinale*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 10-14

11. Kapandji A.I (2009), “*Movimenti del cingolo scapolare*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 40-46.
12. Fayad F, Roby-Brami A, Yazbeck C, Hanne-ton S, Lefevre-Colau MM, Gautheron V, Poiraudau S, Revel M. “*Three-dimensional scapular kinematics and scapulohumeral rhythm in patients with glenohumeral osteoarthritis or frozen shoulder*”. J Biomech. 2008;41(2):330-32. doi: 10.1016/j.jbiomech.2007.09.004. Epub 2007 Oct 18. PMID: 17949728.
13. Kapandji A.I (2009), “*Muscoli motori del cingolo scapolare*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 56-58.
14. Kapandji A.I (2009), “*Il sovraspinoso e l’abduzione*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 60-62.
15. Kapandji A.I (2009), “*Fisiologia dell’abduzione*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag.62-67.
16. Kapandji A.I (2009), “*I tre tempi della flessione*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”. Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 68-69.
17. Danilo Harudy Kamonseki, Melina Nevoeiro Haik, Larissa Pechincha Ribeiro, Rafaela Firmino Almeida & Paula Rezende Camargo (2022) “*Scapular movement training is not superior to standardized exercises in the treatment of individuals with chronic shoulder pain and scapular dyskinesis: randomized controlled trial, Disability and Rehabilitation*”. DOI: 10.1080/09638288.2022.2114552
18. Kapandji A.I (2009), “*La stabilizzazione muscolare della spalla*”. In Kapandji A.I “Anatomia funzionale-arto superiore”, Maloine-Manduzzi Editoriale, pag. 36-37.
19. Soviero, Felicia & Simona, Gucciardi & Geraci, Alessandro. (2008). “*The frozen shoulder: unknown and know knows*”. Capsula Eburnea.
20. Cyriax J. Textbook of Orthopedic Medicine, Vol 1: “*Diagnosis of Soft Tissue Lesions*”. 7th ed. New York, NY: Macmillan 23 Publishing Co; 1978.
21. Mao C, Jaw W, Cheng H. “*Frozen shoulder: correlation between the response to physical therapy and follow-up shoulder arthrography*”. Arch Phys Med Rehabil. 24 1997;78:857– 859
22. Vermeulen HM, Rozing PM, Obermann WR, et al. “*Comparison of high-grade and low-grade mobilization techniques in the 25 management of adhesive capsulitis of the shoulder: randomized controlled trial*”. Phys Ther. 2006;86:355–368

23. Vermeulen HM, Stokdijk M, Eilers PH, 26 et al. “*Measurement of three dimensional shoulder movement patterns with an elec- tromagnetic tracking device in patients with a frozen shoulder*”. Ann Rheum Dis. 27 2002;61:115–120
24. de Sire A, Agostini F, Bernetti A, Mangone M, Ruggiero M, Dinatale S, Chiappetta A, Paoloni M, Ammendolia A, Paolucci T. “*Non-Surgical and Rehabilitative Interventions in Patients with Frozen Shoulder: Umbrella Review of Systematic Reviews*”. J Pain Res. 2022 Aug 19;15:2449-2464. doi: 10.2147/JPR.S371513. PMID: 36016536; PMCID: PMC9397530.
25. Cho CH, Lee YH, Kim DH, Lim YJ, Baek CS, Kim DH. “*Definition, diagnosis, treatment, and prognosis of frozen shoulder: a consensus survey of shoulder specialists*”. Clin Orthop Surg. 2020;12(1):60–67. doi:10.4055/cios.2020.12.1.60
26. Kelley MJ, Shaffer MA, Kuhn JE, et al. “*Shoulder pain and mobility deficits: adhesive capsulitis*”. J Orthop Sports Phys Ther. 2013;43(5):A1–31. doi:10.2519/jospt.2013.0302
27. Li K, Bichoupan K, Gilchrist JA, Moosazadeh K. “*Real-world experience of treating frozen shoulder using active manipulation under local anesthetic: a retrospective study*”. Medicine. 2021;100(47):e27839. doi:10.1097/MD.00000000000027839
28. Kelley MJ, McClure PW, Leggin BG. “*Frozen shoulder: evidence and a proposed model guiding rehabilitation*”. J Orthop Sports Phys Ther. 2009;39(2):135–148
29. Hegedus EJ, Goode AP, Cook CE, et al. “*Which physical examination tests provide clinicians with the most value when examining the shoulder? Update of a systematic review with meta-analysis of individual tests*”. Br J Sports Med. 2012;46(14):964–978. doi:10.1136/bjsports-2012-091066
30. Jia X, Ji JH, Petersen SA, Keefer J, McFarland EG. “*Clinical evaluation of the shoulder shrug sign*”. Clin Orthop Relat Res. 2008;466(11):2813–2819. doi:10.1007/s11999-008-0331-3
31. Angela Cadogan, Khalid D. Mohammed. “*Shoulder pain in primary care: frozen shoulder*”. 2016 Journal of Primary Health Care 8(1) 44-51
32. Jason E. Okechukwu, A. Anakwenze William, J. Warrenderb Joseph, A. Abboud. “*Current review of adhesive capsulitis*”. J Shoulder Elbow Surg (2011) 20, 502-514
33. Zhao W, Zheng X, Liu Y, Yang W, Amirbekian V, Diaz LE, Huang X. “*An MRI Study of Symptomatic Adhesive Capsulitis*”. PLoS One. 2012;7(10): e47277.

34. Tamai K1, Akutsu M, Yano Y. “*Primary frozen shoulder: brief review of pathology and imaging abnormalities*”. *J Orthop Sci*. 2014 Jan; 19(1):1-5
35. Lewis J. “*Frozen shoulder contracture syndrome - Aetiology, diagnosis and management*”. *Man Ther*. 2015 Feb;20(1):2-9. doi: 10.1016/j.math.2014.07.006. Epub 2014 Jul 18. PMID: 25107826.
36. Çelik D, Kaya Mutlu E. “*Does adding mobilization to stretching improve outcomes for people with frozen shoulder? A randomized controlled clinical trial*”. *Clinical Rehabilitation*. 2016;30(8):786-794. doi:10.1177/0269215515597294
37. Codman EA. “*The shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa*”. Boston: Thomas Todd Company, 1934
38. Grubbs N. “*Frozen shoulder syndrome: a review of literature*”. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; 18: 479–487
39. Rundquist PJ, Ludewig PM. “*Correlation of 3-dimensional shoulder kinematics to function in subjects with idiopathic loss of shoulder range of motion*”. *Phys Ther* 2005; 85: 636–647
40. Hand C, Clipsham K, Rees JL, Carr AJ. “*Long-term outcome of frozen shoulder*”. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17: 231–236
41. Yang JL, Chang CW, Chen SY, Wang SF, Lin JJ. “*Mobilization techniques in subjects with frozen shoulder syndrome: randomized multiple-treatment trial*”. *Phys Ther*. 2007 Oct;87(10):1307-15. doi: 10.2522/ptj.20060295. Epub 2007 Aug 7. PMID: 17684085.
42. Duzgun I, Turgut E, Eraslan L, Elbasan B, Oskay D, Atay OA. “*Which method for frozen shoulder mobilization: manual posterior capsule stretching or scapular mobilization?*” *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2019 Sep 1;19(3):311-316. PMID: 31475938; PMCID: PMC6737560.
43. Mohamed AA, Jan YK, El Sayed WH, Wanis MEA, Yamany AA. “*Dynamic scapular recognition exercise improves scapular upward rotation and shoulder pain and disability in patients with adhesive capsulitis: a randomized controlled trial*”. *J Man Manip Ther*. 2020 Jul;28(3):146-158. doi: 10.1080/10669817.2019.1622896. Epub 2019 Jun 14. Erratum in: *J Man Manip Ther*. 2020 Jun 10;:1. PMID: 31200629; PMCID: PMC7480516.
44. Kaya D. “*Exercise and Proprioception*”. In: “*Proprioception: the forgotten sixth sense*”. Foster City, USA: OMICS Group; 2016. p. 234–255

45. Eriksson E. “*Can proprioception be trained?*” *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2001. May;9(3):127
46. Vermeulen HM, Stokdijk M, Eilers PHC, et al. “*Measurement of three dimensional shoulder movement patterns with an electromagnetic tracking device in patients with a frozen shoulder.*” *Ann Rheum Dis.* 2002. February;61(2):115–120
47. Mohamed AA, Alawna M. “*Effect of Adding Vertical Correction to Dynamic Scapular Recognition on Scapular Dyskinesis and Shoulder Disability in Patients With Adhesive Capsulitis: A Randomized Clinical Study*”. *J Chiropr Med.* 2022 Jun;21(2):124-135. doi: 10.1016/j.jcm.2022.02.002. Epub 2022 Apr 4. PMID: 35774629; PMCID: PMC9237598.
48. F Fayad, A Roby-Brami, C Yazbeck, et al. “*Three-dimensional scapular kinematics and scapulohumeral rhythm in patients with glenohumeral osteoarthritis or frozen shoulder*”. *J Biomech*, 41 (2) (2008), pp. 326-332
49. “*Does the application of Kinesiotape change scapular kinematics in healthy female handball players?*” *Int J Sports Med*, 34 (2013), pp. 950-955
50. RS Hutton, SW. Atwater. “*Acute and chronic adaptations of muscle proprioceptors in response to increased use*”. *Sports Med*, 14 (6) (1992), pp. 406-421
51. Wong CK, Strang BL, Schram GA, Mercer EA, Kesting RS, Deo KS. “*A pragmatic regional interdependence approach to primary frozen shoulder: a retrospective case series*”. *J Man Manip Ther.* 2018 May;26(2):109-118. doi: 10.1080/10669817.2018.1432524. Epub 2018 Mar 26. PMID: 29686485; PMCID: PMC5901425.
52. Meltem M.T. (2021). “*Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques in patients with Adhesive Capsulitis*”. *ClinicalTrials.gov* NCT04878848
53. Balcı NC, Yuruk ZO, Zeybek A, Gulsen M, Tekindal MA. “*Acute effect of scapular proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) techniques and classic exercises in adhesive capsulitis: a randomized controlled trial.*” *J Phys Ther Sci.* 2016 Apr;28(4):1219-27. doi: 10.1589/jpts.28.1219. Epub 2016 Apr 28. PMID: 27190456; PMCID: PMC4868216.
54. Weon-Sik L, Hyung-Soo S, In-Sup K, et al.: “*The effects of scapular pattern and hold-relax technique of PNF on the ROM and VAS in frozen shoulder patients*”. *J Korean Soc Phys Ther*, 2002, 14: 15–26

55. Prasanna KJ, Rajeswari R, Sivakumar VPR. “*Effectiveness of Scapular Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) Techniques in Adhesive Capsulitis of the Shoulder Joint*”. J Physiother Res. 2017, Vol.1 No.2:9.
56. AS Neviasser, JA. Hannafin “*Adhesive capsulitis: a review of current treatment*” Am J Sports Med, 38 (11) (2010), pp. 2346-2356
57. P Page, A. Labbe “*Adhesive capsulitis: use the evidence to integrate your interventions*”. N Am J Sports Phys Ther, 5 (4) (2010), pp. 266-273
58. K Sreenivasu, VK Paul Daniel, MB Subramanian, T Sajeevan. “*Effectiveness of end range mobilization with scapular mobilization in frozen shoulder*”. Int Arch Integr Med, 3 (8) (2016), pp. 53-58
59. S-M Ha, O-Y Kwon, C-H Yi, H-S Jeon, W-H. Lee. “*Effects of passive correction of scapular position on pain, proprioception, and range of motion in neck-pain patients with bilateral scapular downward-rotation syndrome*”. Man Ther, 16 (6) (2011), pp. 585-589
60. Nicholson GG. “*The effects of passive joint mobilization on pain and hypomobility associated with adhesive capsulitis of the shoulder*”. J Orthop Sports Phys Ther. 1985;6:238–246
61. Mangus BC, Hoffman LA, Hoffman MA, et al. “*Basic principles of extremity joint mobilization using a Kaltenborn approach*”. J Sports Rehabil. 2002;11:235–250
62. Page MJ, Green S, Kramer S, et al. “*Manual therapy and exercise for adhesive capsulitis (frozen shoulder)*” Cochrane Database Syst Rev. 2014;26(8):CD011275. Doi:10.1002/14651858
63. Nicholson GG. “*The effects of passive joint mobilization on pain and hypomobility associated with adhesive capsulitis of the shoulder.*” J Orthop Sports Phys Ther. 1985;6:238–246
64. Vermeulen HM, Obermann WR, Burger BJ, et al. “*End-range mobilization techniques in adhesive capsulitis of the shoulder joint:A multiple-subject case report*”. Phys Ther. 2000;80:1204–1213.
65. Tang L, Chen K, Ma Y, Huang L, Liang J, Ma Y. “*Scapular stabilization exercise based on the type of scapular dyskinesis versus traditional rehabilitation training in the treatment of periarthritis of the shoulder: study protocol for a randomized controlled trial*”. Trials. 2021 Oct 18;22(1):713. doi: 10.1186/s13063-021-05654-2. PMID: 34663424; PMCID: PMC8522102.

66. McQuade K, Borstad J, de Oliveira A. “*Critical and theoretical perspective on scapular stabilization: what does it really mean, and are we on the right track?*” *Phys Ther.* 2016;96(8):1162–1169. doi: 10.2522/ptj.20140230
67. Timmons M, Thigpen C, Seitz A, Karduna A, Arnold B, Michener L. “*Scapular kinematics and subacromial-impingement syndrome: a meta-analysis*”. *J Sport Rehabil.* 2012;21(4):354–370. doi: 10.1123/jsr.21.4.354
68. Borstad J, Ludewig P. “*The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals*.” *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35(4):227–238. doi: 10.2519/jospt.2005.35.4.227
69. Takeno K, Glaviano N, Norte G, Ingersoll C. “*Therapeutic interventions for scapular kinematics and disability in patients with subacromial impingement: a systematic review*”. *J Athl Train.* 2019;54(3):283–295. doi: 10.4085/1062-6050-309-17
70. Kibler W.B, McMullen J. “*Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain*”. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003;11(2):142–151
71. Pluim BM. “*Scapular dyskinesis: practical applications*”. *Br J Sports Med.* 2013 Sep;47(14):875-6. doi: 10.1136/bjsports-2013-092722. PMID: 23973880.
72. Yang JL, Chang CW, Chen SY, Wang SF, Lin JJ. “*Mobilization techniques in subjects with frozen shoulder syndrome: randomized multiple-treatment trial*”. *Phys Ther.* 2007 Oct;87(10):1307-15. doi: 10.2522/ptj.20060295. Epub 2007 Aug 7. PMID: 17684085.