



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2022/2023

Campus Universitario di Savona

Quali esercizi massimizzano l'attività elettromiografica dei muscoli della cuffia dei rotatori? Una revisione sistematica della letteratura

Candidato:

Dott. FT, Sala Edoardo

Relatore:

Dott. FT, OMPT Garzonio Stefano

ABSTRACT

Background: La cuffia dei rotatori è un complesso di muscoli e tendini fondamentale per la stabilità e la funzionalità della spalla. L'attività elettromiografica (EMG) dei muscoli della cuffia dei rotatori durante gli esercizi aiuta nella pianificazione della riabilitazione e nella scelta dei trattamenti più appropriati. L'EMG fornisce informazioni dettagliate sulla contrazione muscolare e permette di valutare l'efficacia degli esercizi prescritti. È importante valutare l'intensità dell'attività muscolare per adattare il trattamento alle capacità del paziente. Questa revisione sistematica mira a identificare gli esercizi più efficaci per attivare la cuffia dei rotatori nella riabilitazione.

Obiettivi: l'obiettivo di questa revisione della letteratura è indagare quali esercizi massimizzano l'attività elettromiografica dei muscoli della cuffia dei rotatori.

Metodi: è stato seguito il protocollo di revisione PRISMA e il modello PICO per la selezione degli studi. La ricerca è stata condotta su banche dati come Medline, PEDro e Cochrane, producendo un totale di 1066 risultati. Dopo il processo di selezione, sono stati considerati 18 articoli pertinenti che sono stati valutati per il rischio di bias utilizzando il "Joanna Briggs Institute". La valutazione dei risultati ha contribuito a determinare l'affidabilità e la rilevanza degli studi rispetto al quesito di ricerca.

Risultati: Gli studi inclusi sono stati pubblicati tra il 2003 e il 2022 e hanno coinvolto complessivamente 694 soggetti. I muscoli della cuffia dei rotatori analizzati sono stati il sovraspinato (in 7 studi), l'infraspinato (in 16 studi), il sottoscapolare (in 7 studi, di cui 2 hanno diviso l'attività EMG della parte superiore e inferiore del muscolo) e il piccolo rotondo (in 3 studi). I risultati indicano che esercizi come la rotazione esterna isometrica, la rotazione esterna in posizione decubito laterale, la flessione completa delle braccia in avanti e l'abduzione orizzontale prona con rotazione esterna possono massimizzare l'attivazione muscolare della cuffia dei rotatori.

Discussione e conclusioni: ci sono differenze di opinione tra gli studi riguardo all'efficacia di alcuni esercizi e l'attivazione specifica dei singoli muscoli. È importante considerare che i risultati si basano principalmente su soggetti sani e potrebbero non essere direttamente applicabili ai pazienti con patologie o post-intervento chirurgico alla spalla. Pertanto, è necessario un approccio personalizzato nell'allenamento dei muscoli della cuffia dei rotatori, con la consulenza di un professionista della salute.

INDICE

1. INTRODUZIONE	7
PRESUPPOSTI TEORICI	7
2. MATERIALI E METODI	9
2.1 STRATEGIA DI RICERCA	9
2.2 CRITERI DI SELEZIONE DEGLI STUDI	10
2.3 VALUTAZIONE QUALITATIVA DEL RISCHIO DI BIAS	11
2.4 RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DEI RISULTATI	11
3. RISULTATI	12
3.1 SELEZIONE DEGLI STUDI	12
3.2 CARATTERISTICHE DEGLI STUDI	13
3.3 VALUTAZIONE DEGLI STUDI	13
3.4 SINTESI DEI RISULTATI	15
3.4.1 Sovraspinato	15
3.4.2 Infraspinato e piccolo rotondo	16
3.4.3 Sottoscapolare	18
4. DISCUSSIONE	39
4.1 SINTESI DELLE EVIDENZE	39
4.2 PUNTI DI FORZA E LIMITI DELLO STUDIO	41
4.3 IMPLICAZIONI PER LA PRATICA CLINICA	41
5. CONCLUSIONI	43
6. BIBLIOGRAFIA	43

1. INTRODUZIONE

1.1 PRESUPPOSTI TEORICI

La cuffia dei rotatori rappresenta un complesso di muscoli e tendini che riveste un ruolo fondamentale nella stabilità e nella funzionalità della spalla. Questa struttura anatomica, composta dai muscoli sovraspinato, sottospinato, piccolo rotondo e sottoscapolare, lavora sinergicamente per garantire un corretto movimento e una adeguata stabilità articolare.¹

L'attività elettromiografica (EMG) dei muscoli della cuffia dei rotatori durante esercizi specifici riveste un ruolo chiave nella pianificazione e nell'esecuzione di programmi di riabilitazione personalizzati; l'identificazione degli esercizi che massimizzano l'attività EMG permette ai fisioterapisti di selezionare e prescrivere le modalità di trattamento più appropriate per ottimizzare il recupero funzionale della spalla, riducendo al contempo il rischio di ricadute, e ripristinare la forza, la stabilità e la funzionalità della spalla, consentendo al paziente di ritornare alle attività quotidiane e sportive.

L'uso dell'EMG consente quindi al fisioterapista di ottenere informazioni dettagliate sulla contrazione e sull'attività elettrica dei muscoli coinvolti, fornendo una valutazione obiettiva e quantitativa.

Attraverso l'EMG, i fisioterapisti possono monitorare l'attività dei muscoli della cuffia dei rotatori e di altri gruppi muscolari, valutando l'efficacia degli esercizi prescritti e apportando eventuali modifiche per ottimizzare i risultati.²

Inoltre, l'EMG fornisce informazioni importanti sulla selettività muscolare, cioè la capacità di attivare specifici muscoli senza coinvolgere in modo eccessivo o compensare con altri muscoli e di valutare se i muscoli target vengono attivati in modo appropriato durante gli esercizi e, se necessario, di apportare correzioni o di modificare la strategia di trattamento.³

Risulta quindi di fondamentale importanza l'intensità dell'attività muscolare, poiché permette di valutare la progressione del trattamento nel tempo, adattando il carico degli esercizi in base alla capacità e alla tolleranza del paziente.⁴

Attraverso una revisione della letteratura scientifica, si indagheranno gli esercizi più efficaci per l'attivazione e il reclutamento dei muscoli della cuffia dei rotatori, prendendo in considerazione sia gli esercizi tradizionali che le nuove metodologie di allenamento. Verranno quindi prese in considerazione le diverse tipologie di esercizi, tra cui quelli con l'utilizzo di pesi, elastici, macchine specifiche e attività funzionali, al fine di comprendere l'efficacia di ciascuna modalità di esercizio nella riabilitazione della cuffia dei rotatori.

L'obiettivo di questa revisione sistematica è indagare quali esercizi, tra quelli comunemente utilizzati, favoriscono maggiormente l'attività della cuffia dei rotatori.

2. MATERIALI E METODI

2.1 STRATEGIA DI RICERCA

Scopo di questa tesi è revisionare la letteratura disponibile al fine di verificare il quesito clinico proposto: “quali esercizi massimizzano l’attività elettromiografica dei muscoli della cuffia dei rotatori? Una revisione sistematica della letteratura”.

Per compiere questa revisione si è adottato il protocollo di revisione PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)⁵, applicando una ricerca basata sul modello PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome), considerando come popolazione soggetti sani che non hanno subito interventi o lesioni alla spalla, o che non hanno sofferto di alcuna patologia di spalla. L’intervento target è stato rappresentato da esercizi per i muscoli della cuffia dei rotatori, mentre come outcome sono state studiate le attività elettromiografiche (EMG) dei muscoli della cuffia dei rotatori, sia con elettromiografia ad ago che di superficie.

All’interno del modello PICO non è stato considerato l’elemento “comparison”, poiché non è stato richiesto dal quesito clinico.

Per compilare le stringhe sono stati utilizzati sia MeSH Terms (quando possibile) sia freewords, messi in correlazione tramite gli operatori booleani AND, OR e NOT.

Le parole chiave utilizzate sono riportate nella tabella 1.

BANCA DATI	STRINGA DI RICERCA	RISULTATI TOTALI
PubMed	((("healthy"[All Fields]) AND (((((Exercise) OR (Exercises)) OR (Activity)) OR (Action)) AND ((((((("Rotator Cuff") OR (Shoulder)) OR (Supraspinatus)) OR (Subscapularis)) OR ("Teres Minor")) OR (Infraspinatus)))))) AND (((((Electromyography) OR ("Electromyographic Signal")) OR ("Electromyographic Analysis")) OR ("Electromyographic Activity"))))	700 risultati
Cochrane	#1 Exercise OR Exercises OR Activity OR Action #2 "Rotator Cuff" OR Shoulder OR Supraspinatus OR Subscapularis OR "Teres Minor" OR Infraspinatus #3 Electromyography OR "Electromyographic Signal" OR "Electromyographic Analysis" OR "Electromyographic Activity" #4 #1 AND #2 AND #3	366 risultati
PEDro	Abstract & Title: Electromyography Therapy: Exercise Problem: / Body Part: Rotator Cuff, Supraspinatus, Subscapularis, Teres Minor, Infraspinatus Subdiscipline: / Topic: EMG Method:/ Author/Association:/ Title Only:/ Source:/ Published Since:/ New records added since:/ Score of at least:/ When Searching: Match all search terms (AND)	0 risultati

Tabella 1 - Stringhe di ricerca prodotte attraverso l'uso delle parole chiave nei tre database considerati

2.2 CRITERI DI SELEZIONE DEGLI STUDI

La ricerca è stata effettuata attraverso la consultazione delle banche dati elettroniche di Medline (PubMed), PEDro e Cochrane.

L'ultima ricerca nei tre database è stata effettuata in data 07/11/2022 e ha prodotto un totale di 1066 risultati.

Per la stesura di questa revisione sono stati presi in considerazione:

- studi trasversali (cross-sectional) con confronto indipendente con il gold standard (EMG);
- Studi pubblicati in lingua inglese;
- Studi su soggetti sani;
- Studi che propongono un programma chiaro di esercizi di respirazione, di cui sono esplicitate le modalità ed i tempi di esecuzione;
- Sono state escluse analisi di RCT, studi pilota, studi di letteratura secondaria, conferenze, lettere, note, editoriali, capitoli di libri e articoli non reperibili;
- Non sono stati posti limiti temporali riguardanti la data di pubblicazione degli articoli;

2.3 VALUTAZIONE QUALITATIVA DEL RISCHIO DI BIAS

Gli articoli ritenuti eleggibili, sono stati valutati per il potenziale rischio di bias attraverso il “Joanna Briggs Institute” (JBI).⁶

Questo strumento fornisce una traccia da seguire per riconoscere e definire il rischio di distorsione e la validità interna dello studio.

L’esito di questa valutazione non è il criterio discriminante per l’inclusione o l’esclusione dello studio considerato, ma è stato utilizzato come indicatore dell’affidabilità e della rilevanza da assegnare al paper in esame, in termini di supporto o meno al quesito di ricerca.

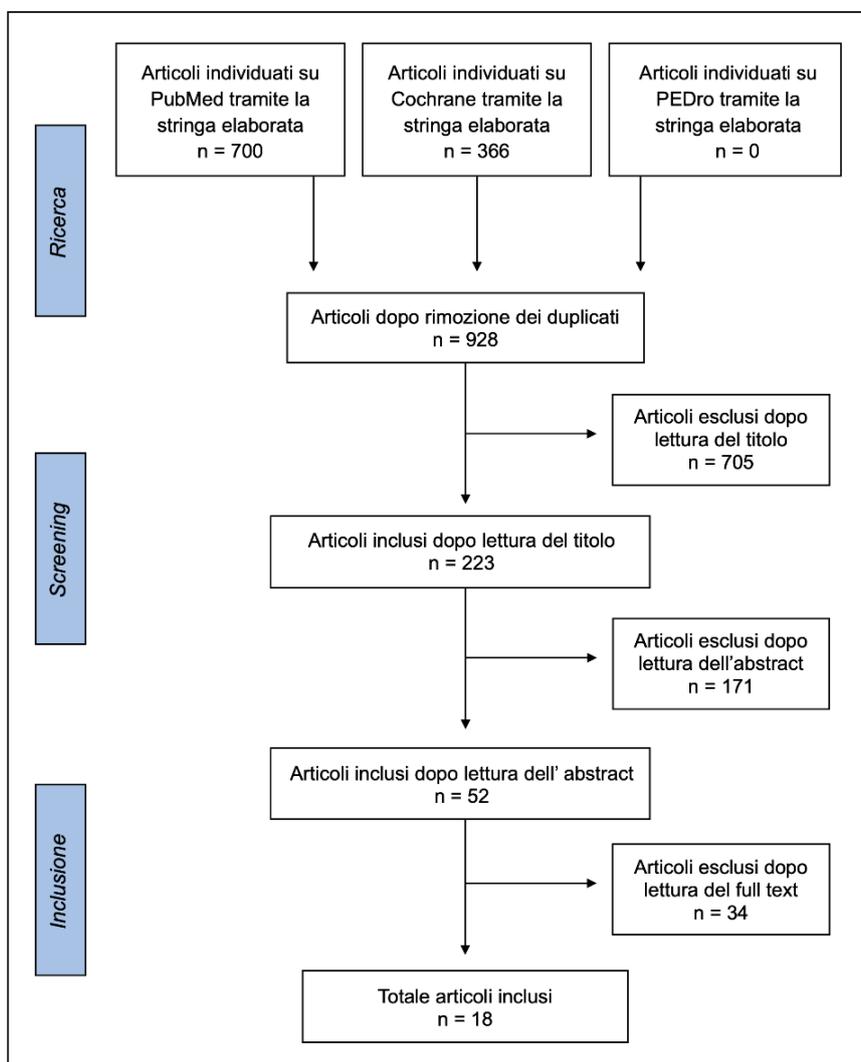
2.4 RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DEI RISULTATI

Per la raccolta e la gestione dei papers individuati è stato utilizzato il software di reference management Rayyan. Con questo strumento è infatti stato possibile importare i risultati delle varie ricerche e compararli, eliminando i duplicati e facilitando la redazione della bibliografia.⁷

3. RISULTATI

3.1 SELEZIONE DEGLI STUDI

La ricerca bibliografica è stata effettuata in data 7/11/2022 nelle banche dati di Medline (PubMed), PEDro e Cochrane e ha portato a una selezione definitiva di 18 articoli. La selezione è stata così svolta: le stringhe considerate ed esposte nel capitolo di Materiali e Metodi hanno prodotto un totale di 1066 articoli, dei quali 700 provenienti da PubMed, 0 da PEDro e 366 da Cochrane. Il processo di selezione degli studi è illustrato tramite il diagramma di flusso secondo le linee guida del PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*): esclusi 138 articoli presenti più volte all'interno delle ricerche nelle diverse banche dati, i risultati sono scesi a 928. Attraverso la lettura di titoli e abstract sono stati esclusi nuovamente articoli, arrivando così a un totale di 52, ridotti definitivamente a 18 in seguito alla lettura dei full text. Viene esposta in figura 2 la flow chart che ha portato alla selezione finale.



.3.2 CARATTERISTICHE DEGLI STUDI

I 18 studi che sono rientrati nei criteri d'inclusione sono stati pubblicati tra il 2003 e il 2022, hanno coinvolto in totale 694 soggetti e hanno analizzato l'attività EMG dei 4 muscoli della cuffia dei rotatori:

- Il muscolo sovraspinato è stato analizzato in 7 studi.^{8,9,10,11,12,13,14}
- Il muscolo infraspinato è stato analizzato in 16 studi.^{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23}
- Il muscolo sottoscapolare è stato analizzato in 7 studi,^{10,11,12,13,14,24,25} 2 dei quali hanno diviso l'attività EMG della parte superiore rispetto a quella inferiore del muscolo.^{13,24}
- Il muscolo piccolo rotondo è stato analizzato in 3 studi.^{16,20,22}

Per quanto riguarda le tipologie di esercizi richiesti nei 18 studi, sono stati così divisi:

- 16 studi hanno utilizzato esercizi riabilitativi comunemente usati, con o senza resistenze elastiche;^{8,9,10,11,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,25}
- 3 studi hanno confrontato i diversi gradi di abduzione dell'omero per massimizzare l'attività EMG del muscolo infraspinato rispetto al deltoide posteriore.^{17,19,23}
- 1 studio ha confrontato i test lift-off e belly-press con il bear-hug test a 0°, 45° e 90° per il muscolo sottoscapolare (inferiore e superiore).²⁴
- 1 studio ha confrontato i test empty can e full can a 45° e 90° per i muscoli sovraspinato, infraspinato e sottoscapolare (inferiore e superiore).¹³

3.3 VALUTAZIONE DEGLI STUDI

La qualità degli studi inseriti nella ricerca è stata analizzata tramite l'utilizzo dello strumento 'JBI's critical appraisal tools', con il fine appunto di valutare la presenza del rischio di bias all'interno degli studi considerati. Come si evince dalla sottostante tabella riassuntiva, il lavoro di Ganderton è l'unico ad essere stato valutato ad alto rischio di bias, mentre tutti gli altri studi hanno ottenuto un buon punteggio rispetto alla possibile presenza di distorsioni, in quanto nessuno di essi è stato impreciso nel riportare il procedimento di analisi dei dati e di presentazione dei risultati.

Entrando maggiormente nel dettaglio, se si osserva la tabella si può notare facilmente come tutti i paper abbiano lasciato qualche dubbio circa la possibile presenza di un bias legato all'identificazione di fattori confondenti (5) e di conseguenza alle strategie dichiarate per affrontare i fattori confondenti all'interno degli studi (6). Per quanto concerne invece il rischio di

bias derivante dall'utilizzo di criteri oggettivi e standard per la misurazione dei dati (4) e se tali misurazioni sono state valide e affidabili (7), tutti gli studi analizzati hanno ottenuto valutazioni positive in quanto si sono utilizzati sempre elettromiografia (ad ago o di superficie) e quindi valutazioni oggettive con minimo errore. Inoltre, in tutti gli articoli i criteri d'inclusione del campione sono stati chiaramente definiti (1), e in 17 articoli su 18 (non l'articolo di Ganderton) gli esercizi svolti dai partecipanti e il setting di studio sono stati descritti nel dettaglio.

AUTORE	DEFINIZIONE DELLA POPOLAZIONE (1)	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO (2)	DESCRIZIONE DELLE MISURE DI ESITO (3)	GESTIONE DELLE VARIABILI DI CONFONDIMENTO (4)	GESTIONE DEGLI INDIVIDUI MANCAN TI (5)	ANALISI STATISTICA (6)	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI (7)	CONCLUSIONE BASATA SUI RISULTATI (8)
Ranjit Joseph, 2018	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Simon Chao, 2008	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y
Takumi Fukunaga, 2022	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y
Takumi Fukunaga, 2021	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Mukesh Kumar, 2018	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y
Omid Alizadehkhayat, 2015	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Peter K Edwards, 2021	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Yoshihiro Kai, 2014	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Ganderton, 2019	Y	U	U	Y	U	U	Y	Y
Gareth Ryan, 2017	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Karen A Ginn, 2016	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Natalie L. Bitter, 2007	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Kathleen A, 2011	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Sung-Min Ha, 2013	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y
Alanna Dark, 2007	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Michael J. Decker, 2003	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y
Steven W. Forbush, 2018	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y
Masaaki Tsuruike, 2020	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y

Tabella 2: Yes/No/Unclear/Not Applicable

3.4 SINTESI DEI RISULTATI

In Tabella 3 sono illustrate le principali caratteristiche degli studi inclusi (primo autore e anno di pubblicazione, titolo, numero e caratteristiche dei pazienti, misure di outcome e risultati ottenuti).

3.4.1 Sovraspinato

7 studi hanno indagato l'attivazione del muscolo sovraspinato.^{8,9,10,11,12,13,14} Tra questi, 3 hanno analizzato esercizi di rotazione interna ed esterna di spalla.^{10,12,14}

Dallo studio di *Alizadehkhayat et al.*¹⁰ emerge che il movimento di intrarotazione a 90° di abduzione di omero è stato l'esercizio migliore per l'attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori, andando ad attivare in modo significativo sia il sovraspinato che infraspinato e sottoscapolare, soprattutto rispetto all'intrarotazione a 0° di abduzione. Lo studio di *Ganderton et al.*¹² invece, non mostra differenze statisticamente significative per quanto riguarda i muscoli della cuffia dei rotatori, tra esercizi di rotazione interna ed esterna (a 0°, 45° e 90° di abduzione di omero) sia standard con una fascia elastica come resistenza al movimento, sia con 2 fasce elastiche con quest'ultima attorno alla scapola per aumentare l'attivazione degli stabilizzatori scapolari. Sempre su movimenti di rotazione interna ed esterna si è focalizzato lo studio di *Dark et al.*¹⁴, ma con focus sulle diverse intensità di resistenza (usato un sistema di resistenza a carrucola): soprattutto durante la rotazione interna, per il muscolo sovraspinato i valori alla massima contrazione volontaria isometrica (MVIC) sono passati dal 15% al 51% con l'aumentare dell'intensità; seppur con un'attività media minore rispetto al muscolo infraspinato, c'è stato un aumento significativo e progressivo dell'attività EMG all'aumentare dell'intensità, sia per il sovraspinato che per deltoide posteriore. Sempre per quanto riguarda il muscolo sovraspinato, *Joseph et al.*⁸ hanno studiato 4 esercizi riabilitativi con resistenza elastica da cui emerge un'attività EMG statisticamente maggiore durante l'esercizio di trazione a gomiti estesi e spalle abdotte a 90°. *Fukunaga et al.*⁹ si sono invece posti l'obiettivo di analizzare l'attività del sovraspinato durante la contrazione eccentrica di 5 esercizi: si sono riscontrate alte attivazioni del sovraspinato durante gli esercizi di ritorno alla posizione neutra da una posizione di partenza in flessione di spalla a gomito esteso, sia con in mano un manubrio, che con una resistenza elastica che tira verso il basso. Lo studio di *Edwards et al.*¹¹ ha indagato sull'attività EMG dei muscoli della cuffia dei rotatori durante alcuni esercizi comunemente utilizzati nella fase post-operatoria come "il pendolo" e lo scivolamento attivo-assistito delle mani sia sul tavolo che sul muro; si sono

registrate basse attivazioni EMG soprattutto per quanto riguarda il muscolo sovraspinato e infraspinato; questi esercizi potrebbero essere considerati appropriati nella riabilitazione iniziale, poiché hanno generato una percentuale inferiore al 15% di MVIC e quindi non si andrebbero a stressare troppo in fase acuta; lo scivolo verticale sulla parete con supporto dell'altro braccio invece è stato l'unico esercizio attivo-assistito che non ha superato il 15% di MVIC, probabilmente a causa degli effetti di scarico e compressione della superficie di appoggio e del supporto aggiuntivo del braccio controlaterale. Infine, *Kai et al.*¹³ hanno valutato i livelli di attivazione muscolare durante i test empty-can e full can, evidenziando un'attività significativamente maggiore durante il test empty-can per il muscolo sovraspinato, mentre per l'infraspinato non ci sono state differenze statisticamente significative.

3.4.2 Infraspinato e piccolo rotondo

I muscoli infraspinato e piccolo rotondo sono trattati rispettivamente in 16 e 3 articoli e verranno inclusi nello stesso paragrafo perchè entrambi rotatori esterni di spalla e spesso presenti all'interno degli stessi studi. *Kumar et al.*¹⁶ suggerisce come miglior esercizio per l'infraspinato e il piccolo rotondo l'abduzione orizzontale prona a 90° con massima rotazione esterna, rispetto ad esercizi di rotazione esterna di spalla a diversi gradi di abduzione. Anche lo studio di *Alizadehkhayat et al.*¹⁰ ha analizzato movimenti di rotazione interna ed esterna, sostenendo migliori gli esercizi di rotazione che partono da un'abduzione di 90° di spalla, poiché portano a una maggiore attivazione EMG dei muscoli della cuffia dei rotatori (infraspinato, sovraspinato e sottoscapolare). Dallo studio di *Dark et al.*¹⁴ si evince che l'attività dell'infraspinato è stata significativamente maggiore all'aumentare della resistenza durante l'esercizio di rotazione esterna di spalla a gomito flesso 90°: soprattutto in contrazione eccentrica l'MVIC è variata da 40% con una bassa resistenza fino a 70° con un'alta resistenza. *Tsuruike et al.*²² hanno studiato gli effetti della doppia resistenza elastica su gomito e mano durante la rotazione esterna isometrica con spalla abdotta 90° sul piano sia frontale che scapolare, e gomito flesso di 90°: i valori medi dell'attività EMG del piccolo rotondo sono stati significativamente maggiori con la fascia elastica doppia sul piano frontale rispetto a quelli con fascia elastica singola; il muscolo infraspinato invece ha mostrato un'attività maggiore con una resistenza elastica (solo alla mano) sul piano scapolare rispetto a una fascia elastica ma sul piano frontale, mentre non c'è stata alcuna differenza con 2 resistenze elastiche tra i 2 piani. 4 studi hanno analizzato i migliori esercizi per attivare

maggiormente l'infraspinato rispetto al deltoide posteriore: *Ryan et al.*¹⁷ suggeriscono che per attivare al massimo l'infraspinato, la rotazione esterna di spalla dovrebbe essere eseguita con abduzione di spalla a 0°; *Bitter et al.*¹⁸ invece per isolare al meglio l'infraspinato dal deltoide posteriore durante la rotazione esterna di spalla (con gomito flesso 90°) propongono un movimento con una bassa resistenza (pari al 10% MVIC) e hanno analizzato che un movimento di rotazione esterna con un'adduzione forzata non differisce da un movimento senza adduzione in termini di reclutamento muscolare. Anche *Forbush et al.*²³ hanno indagato se l'adduzione attiva durante la rotazione esterna di spalla potesse cambiare l'attività EMG dell'infraspinato: come nello studio precedente non ci sono state differenze statisticamente significative tra le 2 modalità di esercizio con e senza adduzione. *Ha et al.*¹⁹ ha esaminato 4 esercizi riabilitativi per studiare la massima attivazione dell'infraspinato: l'esercizio migliore è stato il "side lying wiper exercise" dove il soggetto era in decubito laterale con braccio flesso di 90°, rotazione interna e gomito flesso 90° eseguiva una rotazione esterna massima. Entrambi gli studi di *Joseph et al.*⁸ e *Takumi et al.*¹⁵ hanno eseguito esercizi in cui vi era almeno una resistenza elastica: dal primo studio emerge che l'esercizio di rotazione esterna con braccia abdotte 90° e gomiti flessi 90° sia quello che attivi maggiormente l'infraspinato rispetto all'abduzione orizzontale di spalla con gomiti estesi e all'abduzione orizzontale di spalla a 110° di abduzione; nel secondo invece è stata eseguita un'analisi dell'esercizio di abduzione orizzontale con diverse direzioni e con avambraccio pronato o supinato: c'è stata una maggiore attivazione dell'infraspinato con l'avambraccio supinato e con la direzione del movimento diagonale verso l'alto. Dallo studio di *Swanik et al.*²⁰ emerge che l'esercizio "push up plus" (push up con un'ulteriore protrazione delle spalle a fine movimento) sia tra i migliori per la coattivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori: si è riscontrata infatti, un'attività EMG medio alta per i muscoli infraspinato, sovraspinato e piccolo rotondo, e molto alta per il sottoscapolare; anche lo studio di *Decker et al.*²¹ ha evidenziato un interessamento maggiore dell'infraspinato e della porzione superiore del muscolo sottoscapolare durante questo esercizio rispetto agli altri 6 esercizi presi in considerazione.

In generale, tra gli esercizi più analizzati c'è la rotazione interna ed esterna di spalla a diversi gradi di abduzione: nello studio di *Dark et al.*¹⁴ è stato osservato che durante gli esercizi di rotazione di spalla, l'attività dei muscoli della cuffia dei rotatori è aumentata proporzionalmente all'intensità degli esercizi senza però differenze significative tra i muscoli, indicando un comportamento simile durante l'intero arco di movimento e a diverse intensità. La strategia motoria utilizzata per far fronte alla resistenza aumentata durante la rotazione è stata quella di attivare gradualmente tutti i

muscoli coinvolti, compreso il muscolo sottoscapolare per la rotazione interna e l'infraspinato e sovraspinato per la rotazione esterna: questo ci indica che l'aumento della resistenza al movimento può essere un valido modo per attivare maggiormente i muscoli della cuffia dei rotatori. Anche *Alizadehkhayat et al.*¹⁰ hanno individuato gli esercizi di rotazione interna a 90° di abduzione come i più efficaci per attivare i muscoli della cuffia dei rotatori; questa posizione permette di garantire stabilità (mantenimento della posizione della testa omerale nella glenoide) e mobilità dinamica dell'articolazione gleno-omeroale. La rotazione esterna a 90° di abduzione è risultata la più efficace anche dallo studio di *Joseph et al.*⁸: durante la fase di rotazione esterna concentrica, oltre all'attivazione importante di infraspinato e piccolo rotondo, è stata osservata un'attivazione medio alta del muscolo sovraspinato, confermando il fatto che il muscolo sovraspinato sia maggiormente coinvolto come stabilizzatore durante la rotazione esterna in posizioni elevate del braccio; considerando i bassi valori di attivazione del trapezio superiore e medio e del muscolo dentato anteriore, questo esercizio può essere considerato un efficace esercizio di rinforzo per tutta la cuffia dei rotatori.

La strategia di adduzione attiva durante la rotazione esterna è una componente importante di molti programmi riabilitativi di esercizi, con il fine di ridurre l'attività del deltoide e quindi attivare l'infraspinato in modo più efficace.²⁶ Gli studi inclusi nella ricerca hanno mostrato risultati piuttosto concordanti: sia *Bitter et al.*¹⁸ che *Forbush et al.*²³ hanno riscontrato che la strategia di adduzione attiva di spalla (braccio contro il tronco) durante la rotazione esterna non ha cambiato significativamente i contributi dell'infraspinato o del deltoide posteriore a qualsiasi carico; *Ryan et al.*¹⁷, sempre al fine di isolare al meglio l'infraspinato dal deltoide, propongono un movimento di rotazione esterna a 0° di abduzione.

3.4.3 Sottoscapolare

Sono 7 gli articoli inclusi nella revisione che analizzano il muscolo sottoscapolare. Lo studio di *Chao et al.*²⁴ ha confrontato i test lift-off e belly-press con il bear-hug test valutando l'attività EMG dei muscoli sottoscapolare inferiore e superiore: i valori più alti si hanno avuti con il bear-hug test a 45° (si applica una forza di rotazione esterna perpendicolare all'avambraccio al polso del braccio interessato mentre il soggetto cerca di mantenere la posizione di partenza attraverso la rotazione interna resistita con gomito flesso a 45°) poiché presenta un'attività significativamente maggiore del complesso sottoscapolare (superiore e inferiore) rispetto al gran dorsale e al grande pettorale,

mentre il belly-press ha mostrato un'attività di picco significativamente maggiore nel sottoscapolare inferiore. Inoltre, *Kai et al.*¹³ hanno scoperto un'attività del sottoscapolare significativamente maggiore durante il test empty-can rispetto al test full-can a 90° di elevazione sui piani scapolare e coronale. Dallo studio di *Ginn et al.*²⁵ invece, emerge un'attività superiore del sottoscapolare rispetto al deltoide anteriore, gran pettorale, gran dorsale e grande rotondo durante il belly-press test; in questo studio sono stati confrontati 3 movimenti di rotazione interna a diverse posizioni (seduto abduzione 0°, seduto abduzione 90°, supino), belly-press test e lift-off test; in tutti questi esercizi il sottoscapolare ha avuto un'attività maggiore rispetto agli altri rotatori interni di spalla. Infine, come per l'infraspinato, anche il sottoscapolare è stato significativamente attivato dall'esercizio "push up plus" nello studio di *Swanik et al.*²⁰

Tabella 3: dati raccolti dagli studi inclusi

AUTORE E ANNO DI PUBBLICAZIONE	TITOLO	N° DI PAZIENTI	CARATTERISTICHE PAZIENTI	MISURE DI OUTCOME	RISULTATI
Joseph R, 2018	Activation of Supraspinatus and Infraspinatus Partitions and Periscapular Musculature During Rehabilitative Elastic Resistance Exercises	27	I partecipanti sono stati esclusi se avevano avuto lesioni o interventi chirurgici all'arto superiore o malattie neuromuscolari o neurologiche.	Quantificare l'attivazione del sovraspinato e dell'infraspinato durante esercizi specifici con resistenza elastica. Per lo studio i partecipanti hanno utilizzato una banda elastica con la più alta resistenza che potessero gestire e hanno quindi eseguito quattro esercizi (Y, T, W e L) per quattro ripetizioni ciascuna: il soggetto è sempre in piedi con mani alle estremità dell'elastico, trazona l'elastico adducendo le scapole; Y gomito estesi e braccia abdotte di 110°, T gomiti estesi e braccia abdotte a 90°, W gomiti flessi a 90° con braccia abdotte a 30° e L si esegue una rotazione esterna a gomiti flessi 90° e braccia abdotte a 90°	Durante l'esercizio L, il sovraspinato (S) ha mostrato la sua massima attivazione nel primo 20% di esercizio, mentre l'attivazione dell'infraspinato (I) ha raggiunto il picco nel 40-60% durante la fase di rotazione. L'esercizio T ha indotto un'attivazione da alta a molto alta nel sovraspinato. Pertanto, l'esercizio T è più appropriato per attivare il S e I. Il S è stato attivato durante l'esercizio W maggiormente per la porzione posteriore. Tutti e quattro gli esercizi hanno fortemente attivato i muscoli S e I, in particolare gli esercizi Y e L.
Chao S., 2008	An electromyographic assessment of the "bear hug": an examination for the evaluation of the subscapularis muscle.	21	Volontari maschi sani (età media 22 anni) senza precedenti operazioni di chirurgia di spalla o lesioni.	Confrontare i test lift-off e belly-press con il bear-hug test valutando l'attività elettromiografica (EMG) dei rotatori interni di spalla. L'attività EMG è stata registrata mentre	I valori più alti all'EMG per quanto riguarda il muscolo sottoscapolare si hanno avuti con il bear-hug test a 45°; il bear-hug test eseguito a 90° di flessione di spalla ha

				<p>venivano eseguiti 5 test per il muscolo sottoscapolare: bear-hug a 0° l'esaminatore con una mano sul polso del paziente, mentre il gomito del soggetto è tenuto a 0° di flessione in avanti, applica una forza di rotazione esterna perpendicolare all'avambraccio al polso del braccio interessato, mentre il soggetto cerca di mantenere la posizione di partenza attraverso la rotazione interna resistita; bear-hug a 45°, l'esaminatore è con una mano sul polso del soggetto mentre il gomito è tenuto a 45° di flessione; bear-hug a 90°: l'esaminatore con una mano sul polso del soggetto mentre il gomito è tenuto a 90° di flessione in avanti; lift-off e belly-press.</p>	<p>mostrato un'attività EMG di picco significativamente maggiore nel sottoscapolare inferiore mentre il belly-press test ha mostrato un'attività EMG di picco significativamente maggiore nel sottoscapolare superiore.</p>
Takumi F, 2022	Band Pull-Apart Exercise: effects of Movement Direction and Hand Position on Shoulder Muscle Activity.	10	Soggetti sani (tutti maschi, età media 36 anni).	Misurare l'EMG dei muscoli del cingolo scapolare durante l'esercizio di apertura delle braccia (abduzione orizzontale) con una resistenza elastica e di determinare gli effetti della posizione del braccio e della direzione del	C'è stato un effetto significativo della posizione della mano per l'attivazione dell'infraspinato e il trapezio inferiore, dove l'attività muscolare era più alta con l'avambraccio supinato; si ha avuto

				<p>movimento sull'attività muscolare del cingolo scapolare. I soggetti hanno eseguito tre ripetizioni con variazioni sia della presa della mano (palmo verso l'alto, neutro, palmo verso il basso) che della direzione del movimento (diagonale in alto, orizzontale, diagonale verso il basso)</p>	<p>una differenza significativa con la direzione del movimento diagonale verso l'alto che ha mostrato la massima attività muscolare per l'infrascinato, il trapezio superiore, il trapezio inferiore e il deltoide posteriore.</p>
Fukunaga T, 2021	Electromyographic analysis of select eccentric focused rotator cuff exercises.	15	<p>Soggetti sani (4 donne e 11 uomini; età media 33 anni) senza problematiche di spalla nei 6 mesi precedenti.</p>	<p>Indagare l'attività elettromiografica (EMG) della muscolatura della spalla durante gli esercizi in contrazione eccentrica per la cuffia dei rotatori. Sono stati valutati 5 muscoli della spalla dominante: sovrascinato, infrascinato, trapezio superiore, trapezio inferiore e deltoide medio. I soggetti hanno eseguito 5 esercizi: 1 flessione di spalla da gomito flesso a gomito esteso; 2 con entrambi i piedi ancorati alla fascia elastica e le mani che tengono entrambe le estremità, le braccia sono elevate sul piano scapolare all'altezza delle spalle e successivamente si abbassano</p>	<p>Gli esercizi 1 e 2 hanno evidenziato una maggiore attività del sovrascinato e del deltoide medio rispetto agli altri esercizi mentre l'infrascinato e il trapezio inferiore hanno evidenziato un'attività maggiore rispetto agli altri muscoli durante gli esercizi 3,4 e 5. I livelli di attivazione del sovrascinato erano il 35% delle massime contrazioni volontarie (MVC) durante gli esercizi 1 e 2 mentre variava dal 48 al 62% per l'infrascinato durante gli esercizi 3,4 e 5.</p>

				<p>lentamente; 3 in piedi con il braccio lungo il fianco a gomito flesso e la mano che tiene l'estremità dell'elastico, contrazione eccentrica degli extrarotatori di spalla; 4 decubito laterale con braccio lungo il fianco a gomito flesso e in mano un manubrio, contrazione eccentrica degli extrarotatori di spalla; 5 esercizio di adduzione orizzontale laterale, decubito laterale con braccio lungo il fianco e un manubrio in mano, gomito esteso e braccio in abduzione neutra, si esegue un'abduzione di spalla a 90 gradi e si esegue un'adduzione orizzontale fino alla posizione neutra e infine si estende per tornare alla posizione iniziale.</p>	
Kumar, 2018	<p>Electromyographic analysis of selected shoulder muscles during rehabilitation exercises.</p>	10	<p>Soggetti maschi sani che praticano attività fisica regolarmente e che non hanno subito infortuni alla spalla negli ultimi 5 anni.</p>	<p>Sperimentare con esercizi di resistenza comuni e identificare quelli che producono un'attivazione significativa elettromiografica (EMG) dei muscoli della spalla selezionati:</p>	<p>I risultati indicano che il trapezio superiore presenta la più alta attività EMG nell'esercizio 6 (ER in piedi a 90° di abduzione e 90° di flessione del gomito). Il trapezio</p>

				<p>deltoide posteriore, infraspinato, piccolo rotondo, trapezio superiore, trapezio medio e trapezio inferiore. Sono stati eseguiti 6 esercizi: 1 abduzione orizzontale prona a 90° con rotazione esterna (RE) completa con il pollice verso l'alto; 2 abduzione orizzontale prona a 0° di abduzione con ER medio; 3 ER prono a 90° di abduzione e gomito a 90° mentre il braccio superiore è appoggiato sul tavolo; 4 ER sdraiato sul fianco con il gomito sul tronco; 5 ER in piedi a 0° di abduzione e 90° di flessione del gomito; 6 ER in piedi a 90° di abduzione e 90° di flessione del gomito.</p>	<p>medio e il trapezio inferiore mostrano la massima attivazione nell'esercizio 1 (abduzione orizzontale prona a 90° con rotazione esterna completa con il pollice verso l'alto). Anche il deltoide posteriore, l'infraspinato e il piccolo rotondo hanno la più alta attività EMG in questo esercizio.</p>
Alizadehkhayat, 2015	Electromyographic analysis of the shoulder girdle musculature during external	30	Volontari sani (15 maschi; 15 femmine) senza storia di patologie dolorose all'arto	Identificare le strategie di attivazione di 16 muscoli del cingolo scapolare (deltoide anteriore, medio e posteriore,	L'attività della cuffia dei rotatori, composta da sovraspinato (SSP), infraspinato (ISP) e sottoscapolare

	rotation exercises.		superiore.	trapezio superiore, medio e inferiore, dentato anteriore, grande rotondo, gran dorsale superiore e inferiore, gran pettorale superiore e inferiore, sovraspinato, infraspinato, sottoscapolare e grande romboide) durante i comuni esercizi in extrarotazione (ER) di spalla. Sono stati studiati cinque esercizi di ER (ER in piedi a 0° e 90° di abduzione, con rotolo di asciugamano sotto le ascelle, ER prono a 90° di abduzione, ER disteso di lato con asciugamano sotto le ascelle).	(SUBS), in IR a 90°ABD era significativamente superiore rispetto a IR a 0°ABD. L'attivazione del deltoide e della cuffia dei rotatori è stata più alta in IR a 90° di abduzione (ABD) rispetto a IR a 0°ABD. L'attivazione del grande pettorale e del grande rotondo non è variata tra gli esercizi e quella del grande dorsale è stata più alta in IR a 90° di ABD rispetto a IR a 0°ABD. L'attivazione del trapezio è stata più alta in IR a 90°ABD rispetto a IR a 0°ABD.
Peter E, 2021	Electromyographic evaluation of early-stage shoulder rehabilitation exercises following rotator cuff repair.	16	Volontari sani fisicamente attivi (11 maschi, 5 femmine) senza precedenti infortuni alla spalla e nessun dolore durante le attività quotidiane.	Indagare l'attività EMG della cuffia dei rotatori e della muscolatura deltoidea durante gli esercizi di range di movimento (ROM) passivi e attivi-assistiti della spalla comunemente eseguiti nella riabilitazione post-operatoria. Sono stati analizzati i muscoli sovraspinato, infraspinato, sottoscapolare e deltoide anteriore, medio e posteriore. Sono stati eseguiti 4 esercizi attivi e 4	L'esercizio standard del pendolo ha generato bassi livelli di attività EMG nel sovraspinato e nell'infraspinato mentre lo scivolamento attivo-assistito sul tavolo e lo scivolamento assistito al muro hanno generato bassi livelli di attività EMG solo nel sovraspinato. Non sono stati trovati esercizi che generassero bassi livelli di attivazione

				<p>passivi per una serie di 6 ripetizioni: pendolo, "rock the baby" (circonduzione), "rock the baby" (elevazione), scivolamento sul tavolo, elevazione assistita da puleggia, scivolamento assistito al muro, elevazione anteriore assistita da asta e rotazione esterna assistita da asta.</p>	<p>muscolare per il sottoscapolare. L'esercizio "rock the baby" ha prodotto una maggiore attività muscolare rispetto all'esercizio standard del pendolo. Lo scivolamento al muro è stato l'unico esercizio attivo-assistito che non ha generato oltre il 15% di MVIC per il sovraspinato.</p>
Kai, 2014	<p>Electromyographic study of rotator cuff muscle activity during full and empty can tests.</p>	12	<p>Partecipanti maschi destrimani sedentari. Nessun partecipante ha avuto patologie o lesioni alla spalla prima dello studio. L'età media era di 26,1 anni.</p>	<p>Valutare i livelli di attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori durante i test empty can (EC) e full can (FC) utilizzando l'elettromiografia. I test sono stati eseguiti in modo isometrico con la spalla sollevata a 45° e 90° sui piani sagittale, scapolare e coronale, sia con avambraccio in posizione neutra (test FC) che in intrarotazione (test EC); Il segnale elettromiografico è stato registrato contemporaneamente su 4 muscoli: sovraspinato, infraspinato e sottoscapolare inferiore e superiore.</p>	<p>I risultati mostrano che l'attività del sovraspinato è stata significativamente maggiore durante il test EC rispetto al test FC a 90° di elevazione sui piani scapolare e coronale. L'attività dell'infraspinato non ha mostrato differenze significative tra i test FC ed EC, ma è stata significativamente maggiore sul piano sagittale rispetto ai piani scapolare o coronale a 90° di elevazione. L'attività del sottoscapolare superiore e inferiore è stata significativamente maggiore durante il test EC rispetto al test FC a 90° di elevazione sui piani</p>

					scapolare e coronale.
Ganderton, 2019	Getting more from standard rotator cuff strengthening exercises.	10	I criteri di inclusione sono stati i seguenti: età inferiore a 35 anni, nessun dolore alla spalla, no storia precedente di dolore alla spalla, lesioni o interventi chirurgici.	Confrontare l'attivazione dei muscoli scapolari e della cuffia dei rotatori tra esercizi standard ed esercizi modificati, utilizzando una fascia elastica attorno alla scapola utilizzata per aumentare l'attivazione degli stabilizzatori scapolari. Sono stati eseguiti esercizi di rotazione interna ed esterna di spalla con il braccio abdotto a 0°, 45° e 90° utilizzando una fascia elastica (esercizio standard) o due fasce elastiche con la fascia aggiuntiva applicata alla scapola. I muscoli esaminati sono stati sovraspinato, infraspinato, sottoscapolare, dentato anteriore, gran romboide e trapezio superiore, medio e inferiore.	L'attivazione di trapezio e romboide è stata significativamente maggiore durante gli esercizi di rotazione esterna modificati rispetto agli esercizi standard. Non sono state riscontrate differenze significative nell'attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori o del dentato anteriore durante gli esercizi modificati rispetto agli esercizi standard.
Ryan G, 2017	Infraspinatus isolation during external rotation exercise at varying degrees of abduction.	10	Per partecipare allo studio i soggetti dovevano essere maggiorenni e godere di buona salute generale. Individui con una storia di lesioni alla spalla, chirurgia, lesioni muscolari	Determinare l'angolo di abduzione omerale che massimizza il rapporto di attivazione infraspinato/deltoide posteriore (INFRA/PD) durante l'extrarotazione (ER) all'EMG. I partecipanti hanno dovuto eseguire 7 ripetizioni	L'abduzione ha ridotto significativamente l'attività elettromiografica dell'infraspinato e ha aumentato l'attività del deltoide posteriore. L'ER dovrebbe essere eseguita a 0° di

			sono stati esclusi dallo studio.	consecutive di ER a 7 diversi angoli di abduzione compresi tra 0° e 90°, con una resistenza del 3% della massa corporea.	abduzione per massimizzare l'isolamento dell'infraspinato; una leggera abduzione, come posizionare un asciugamano sotto l'omero, può migliorare il comfort del paziente ma non ha aumentato l'isolamento dell'infraspinato in questo studio.
Karen A Ginn, 2016	Is subscapularis recruited in a similar manner during shoulder internal rotation exercises and belly press and lift off tests?	20	Volontari asintomatici (9 femmine, 11 maschi, età media 22,3 ± 2,3 anni) si sono offerti per questo studio. I partecipanti non hanno riportato dolore alla spalla nei due anni precedenti e non sono mai stati trattati per dolore alla spalla.	Confrontare i livelli di attivazione del sottoscapolare con quelli di altri rotatori interni di spalla durante i test belly-press e lift-off. Sono stati esaminati tutti gli intrarotatori di spalla: deltoide anteriore, grande pettorale, grande dorsale, grande rotondo e sottoscapolare. Sono stati eseguiti 5 esercizi per 3 volte ciascuno: belly-press, lift-off test, intrarotazione (IR) a 0° di abduzione in posizione seduta, IR a 90° di abduzione in posizione eretta, IR a 90° di abduzione in posizione supina.	Lo studio ha esaminato l'attivazione media del muscolo sottoscapolare durante 5 compiti di IR massimale. L'attivazione variava dal 35% della contrazione volontaria massima (MVC) durante l'IR a 90° di abduzione al 51% della MVC durante il test lift-off. L'analisi ha mostrato che l'attività media su tutti i muscoli durante l'IR a 0° era superiore a tutti i test tranne che al lift-off. Inoltre, in tutti gli esercizi il sottoscapolare ha avuto l'attività media più alta mentre quella più bassa si è riscontrata nel deltoide. Si è

					evidenziata un'attività superiore del sottoscapolare rispetto al deltoide anteriore, grande pettorale, gran dorsale e grande rotondo durante il belly-press. Anche nel lift-off e nell'IR a 90° di abduzione in posizione supina il sottoscapolare ha avuto un'attività maggiore rispetto al deltoide anteriore e al grande pettorale.
Bitter, 2007	Relative contributions of infraspinatus and deltoid during external rotation in healthy shoulders.	18	Soggetti con più di 30 anni senza patologie o interventi chirurgici alle spalle, patologie cervicali attuali o condizioni infiammatorie sistemiche note.	Determinare il grado di rotazione esterna (ER) che ottimizza l'attivazione (EMG) dell'infraspinato e il carico migliore per ridurre il contributo del deltoide durante l'ER. I partecipanti hanno eseguito 1 contrazione isometrica massima volontaria (MVIC) di ER resistita contro un misuratore di forza che ha registrato la forza massima raggiunta. Questa forza è stata utilizzata per determinare i carichi a cui il soggetto doveva eseguire successive contrazioni di ER per l'esperimento; questi carichi consistevano nel 10%, 40% e 70% dell'MVIC di ER del	Durante entrambe le modalità di ER (con e senza adduzione) il contributo dell'infraspinato è stato significativamente maggiore al 40% MVIC rispetto al 10% o al 70% MVIC. Il deltoide posteriore era significativamente più attivo al 40% e al 70% MVIC rispetto al 10% MVIC durante sia ER da solo che ER con adduzione. Al 10% MVIC l'ER con adduzione ha ridotto significativamente il contributo del deltoide medio. A tutti i carichi di ER con adduzione il

				<p>soggetto.</p> <p>Quindi i partecipanti hanno eseguito una serie di 7 diverse contrazioni muscolari: 3 ER isometriche resistite al 10%, 40% e 70% MVIC contro un misuratore di forza e 3 ER isometriche resistite al 10%, 40% e 70% MVIC contro un misuratore di forza mantenendo però un'adduzione isometrica resistita dell'omero a 40 mm Hg contro un'unità di biofeedback posizionata tra la parete toracica laterale e la parte superiore del braccio; una settima contrazione con adduzione di omero è stata eseguita per verificare che la componente di adduzione attivasse i muscoli adduttori della spalla.</p>	<p>contributo del deltoide medio è stato significativamente inferiore a quello dell'infraspinato mentre non ci sono state differenze tra l'attivazione dell'infraspinato e quella del deltoide posteriore in nessun test.</p>
Swanik, 2011	<p>Rotator-Cuff Muscle-Recruitment Strategies During Shoulder Rehabilitation Exercises.</p>	33	<p>Soggetti sani e fisicamente attivi (età media 20 anni) senza storia di intervento chirurgico, episodi di instabilità di spalla nell'ultimo anno o lesioni negli ultimi 6 mesi che hanno causato la sospensione</p>	<p>Determinare l'attivazione dei muscoli sottoscapolare, infraspinato e piccolo rotondo durante 4 esercizi per la spalla. Gli esercizi sono stati: 1 "pitchback", il soggetto ha lanciato una palla su un trampolino inclinato e</p>	<p>Non ci sono state differenze nei rapporti medi di coattivazione tra i 4 esercizi completati in questo studio. L'attività dei muscoli sottoscapolare e infraspinato è stata significativamente maggiore durante l'esercizio push-up</p>

			dell'attività fisica.	la palla è rimbalzata indietro al soggetto, lancio eseguito con abduzione di spalla a 90° e gomito flesso 90°; 2 in piedi il soggetto ha eseguito un movimento di flessione di spalla fino a 180° a gomito esteso con una resistenza elastica; 3 il soggetto ha eseguito un "push-up plus" sulle ginocchia (plus è con il corpo spinto in alto usando la retrazione scapolare); 4 "slide-board", soggetto sulle ginocchia ha eseguito un movimento di abduzione/adduzione orizzontale su una superficie scorrevole in plastica.	plus rispetto agli altri 3 esercizi, mentre il piccolo rotondo ha evidenziato un'attività minore durante l'esercizio 2 (flessione di spalla contro resistenza elastica).
Ha SM, 2013	Selective Activation of the Infraspinatus Muscle.	30	Volontari sani (24 uomini, 6 donne) di età media 22 anni senza storia di dolore alla spalla, condizioni neurologiche o condizioni muscoloscheletriche che potrebbe interferire con la rotazione esterna della spalla.	Determinare l'esercizio più efficace tra 4 esercizi di rotazione esterna (ER) di spalla per stimolare selettivamente l'attività del muscolo infraspinato minimizzando l'uso dei muscoli trapezio medio e deltoide posteriore. Sono stati raccolti i dati EMG dei seguenti muscoli: trapezio medio, deltoide posteriore e infraspinato. I 4 esercizi sono stati eseguiti con un manubrio da 1 kg in	L'attività EMG del muscolo infraspinato è stata maggiore durante l'esercizio SWE, mentre nell'esercizio STER ci sono stati i valori più bassi; non ci sono state differenze statisticamente significative negli esercizi PER e SER. L'attività EMG per il muscolo trapezio medio è stata maggiore durante gli esercizi PER, SER e STER rispetto al SWE. Il deltoide

				<p>mano, per 3 ripetizioni e per 5 secondi: 1 "prone external rotation" (PER), soggetto prono con braccio abdotto a 90° e gomito flesso a 90°, da questa posizione si è eseguita una ER massima; 2 "side lying wiper exercise" (SWE), soggetto in decubito laterale con braccio flesso di 90° e intraruotato (il braccio dominante era sostenuto dal braccio opposto) e da questa posizione si è eseguita una ER massima; 3 "side lying external rotation exercise" (SER), soggetto in decubito laterale con braccio parallelo al tronco e il gomito flesso a 90°, da questa posizione si è eseguita una ER massima; 4 "standing external rotation exercise" (STER), soggetto in piedi con braccio abdotto a intraruotato a 90° e da questa posizione è eseguita una RE massima mantenendo l'abduzione di 90°.</p>	<p>posteriore ha evidenziato un'attività EMG maggiore nell'esercizio PER E STER rispetto al SWE e SER.</p>
Dark A, 2007	Shoulder muscle recruitment patterns during commonly used rotator cuff exercises: an	15	Partecipanti (11 donne e 4 uomini) con un'età media di 27 anni (intervallo 18-42 anni) senza dolore alla spalla	Confrontare l'attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori (RC) con gli altri rotatori di spalla durante alcuni esercizi.	I risultati hanno mostrato che il livello medio di attività nel muscolo grande dorsale è stato circa la metà

	<p>electromyographic study.</p>		<p>non dominante per almeno 2 anni e senza aver subito interventi di chirurgia.</p>	<p>È stata registrata l'attività EMG dei muscoli infraspinato, sovraspinato, sottoscapolare, grande dorsale, grande pettorale e deltoide posteriore. I soggetti hanno eseguito movimenti di rotazione interna ed esterna (IR/ER) a bassa, media e alta intensità (rispettivamente 15%, 50% e 65% della forza massima) con braccio addotto e gomito flesso di 90°, con un sistema a carrucola. I soggetti hanno eseguito 3 contrazioni isometriche volontarie massime (MVIC) per 3" per ogni tipo di movimento (9 RE e 9 IR).</p>	<p>rispetto a quello nei muscoli sottoscapolare e grande pettorale durante gli esercizi di IR. Per gli esercizi di RE indagati, i risultati hanno mostrato che l'attività nei muscoli infraspinato, sovraspinato e deltoide posteriore con l'aumentare dell'intensità è stata simile. L'attività in questi 3 muscoli è aumentata significativamente con l'aumentare dell'intensità dell'esercizio di ER durante sia le contrazioni concentriche che eccentriche. L'attività dell'infraspinato è stata significativamente maggiore rispetto al sovraspinato e al deltoide posteriore. Durante la fase concentrica dell'esercizio di ER, il muscolo infraspinato ha prodotto i livelli medi di attività più alti, variando dal 40% della MVIC a bassa intensità al 70% della MVIC ad alta intensità; i livelli</p>
--	---------------------------------	--	---	--	--

					medi di attività nel muscolo sovraspinato sono variati dal 15% della MVIC a bassa intensità al 51% della MVIC ad alta intensità e quelli nel muscolo deltoide posteriore dal 6% della MVIC a bassa intensità al 31% della MVIC ad alta intensità.
Decker, 2003	Subscapularis muscle activity during selected rehabilitation exercises.	15	9 uomini (età media 28 anni) e sei donne (età media 25 anni) senza precedenti lesioni alla spalla.	Valutare l'attività muscolare (EMG) delle parti superiore e inferiore del muscolo sottoscapolare durante diversi esercizi di resistenza. E' stata misurata l'attività muscolare dei muscoli grande dorsale, grande rotondo, grande pettorale e infraspinato. Gli esercizi sono stati eseguiti 5 volte ciascuno: 1 "dynamic hug" il soggetto dà le spalle agli elastici e ne afferra le estremità con i gomiti flessi a 45°, le braccia addotte a 60° e le spalle in intrarotazione a 45°, esegue un'adduzione orizzontale avvicinando le mani e tendendo gli elastici; 2 "forward punch", il soggetto dà le spalle agli elastici e ne afferra le estremità con	L'esercizio push-up plus ha mostrato un'attività del sottoscapolare superiore media significativamente più elevata rispetto a tutti gli esercizi tranne che al diagonal. Gli esercizi dynamic hug, IR basso, diagonal e push-up plus hanno dimostrato un'attività del sottoscapolare inferiore maggiore rispetto al forward punch e all'IR alto. Gli esercizi IR basso, diagonal e push-up plus hanno dimostrato un'attività muscolare sottoscapolare inferiore maggiore rispetto al forward punch e all'IR alto. Il push-up plus ha prodotto un'attività

				<p>i gomiti flessi a 90°, da qui flette le spalle ed estende i gomiti tendendo gli elastici; 3 “diagonal”, il soggetto dà le spalle agli elastici e ne afferra le estremità all'altezza delle spalle con i gomiti leggermente flessi e le braccia abdotte a 90°; il soggetto quindi flette orizzontalmente, adduce e ruota internamente l'omero fino a quando la mano raggiunge la spina iliaca anteriore superiore opposta a quella della resistenza; 4 “push up plus”, posizione prona con una mano sulla piastra di forza e l'altra mano accanto, si estendono i gomiti e si continua a sollevare il petto protraendo le scapole; 5 rotazione interna (IR basso) a 0° di abduzione di omero, con gomito flesso a 90°, il movimento si esegue contro una resistenza elastica e parte a 70° di rotazione esterna (come gli esercizi 6 e 7); 6 IR medio a 45° di abduzione; 7 IR alto a 90° di abduzione.</p>	<p>muscolare del sovraspinato media maggiore rispetto a tutti gli altri esercizi. Il dynamic hug, il diagonal e il forward punch hanno avuto un'attività media del sovraspinato maggiore rispetto all'IR basso. Il push-up plus ha indotto la più grande attività muscolare media e di picco dell'infraspinato rispetto a tutti gli altri esercizi. Il push-up plus ha indotto la più grande attività del grande rotondo rispetto a tutti gli esercizi tranne l'IR basso. Gli esercizi push-up plus e diagonal hanno mostrato una maggiore attività del grande pettorale rispetto a tutti gli altri esercizi. L'IR basso e il dynamic hug hanno entrambi indotto una maggiore attività media e di picco del muscolo grande pettorale rispetto al forward punch e al IR alta.</p>
Forbush, 2018	Testing infraspinatus and deltoid muscle	34	Soggetti destrimani (19 femmine e 15 maschi) di età	Descrivere una condizione per testare l'infraspinato (IM) che	L'attività media EMG del PD è stata significativamente

	<p>with new technique to decrease deltoid activity during testing using EMG analysis.</p>		<p>compresa tra 22 e 31 anni (media 24,2 anni) senza precedenti interventi chirurgici o patologie alla spalla.</p>	<p>comportasse una minore attività EMG del deltoide posteriore (PD). L'attività EMG è stata registrata durante la rotazione esterna (ER) resistita in quattro diverse posizioni: 1 adduzione attiva seduta, al soggetto è stato quindi chiesto di addurre attivamente il braccio contro un bracciale gonfiato a 20 mmHg per raggiungere l'80% del MFO individuale. La resistenza è stata quindi applicata manualmente fino al fallimento mantenendo l'80% della forza di adduzione massima (MFO); 2 adduzione passiva seduta, posizione come nell'esercizio 1 ma senza applicare pressione al bracciale (definito operativamente come non superare il 60% del MFO); 3 adduzione attiva sdraiata lateralmente, il soggetto è in decubito laterale sul fianco non dominante; la spalla dominante è stata posizionata in una posizione di adduzione di 0° e il gomito è stato flesso a 90° come gli esercizi prima e</p>	<p>diversa tra i gruppi di adduzione attiva e quelli di adduzione passiva sia in posizione seduta che sdraiata lateralmente. La differenza tra le medie dall'adduzione passiva seduta e quella sdraiata lateralmente del PD non è stata significativamente diversa.</p> <p>L'analisi non ha rivelato alcuna differenza significativa nell'attività media EMG dell'IM tra nessun esercizi, indipendentemente dalla posizione del soggetto o dall'adduzione attivo o passiva.</p>
--	---	--	--	---	---

				l'adduzione attiva del braccio e il mantenimento dell'80% del MFO sono stati eseguiti come nell'esercizio 1; 4 adduzione passiva sdraiata lateralmente, soggetto come nell'esercizio 3 e la forza di adduzione è stata mantenuta a meno del 60% del MFO come descritto nell'esercizio 2.	
Tsuruike, 2020	The application of double elastic band exercise in the 90/90 arm position for overhead athletes.	21	Giocatori di baseball universitari (età media 19 anni) asintomatici senza deficit neurologici o muscoloscheletrici agli arti superiori.	Indagare l'attività dei muscoli piccolo rotondo (TMi), grande rotondo (TMa), trapezio inferiore (LT), infraspinato (IS) e dentato anteriore (SA) durante l'esercizio di rotazione esterna (ER) in piedi con la spalla abdotta di 90° e gomito flesso a 90°, con 2 fasce elastiche sia nel piano frontale che in quello scapolare. Gli atleti hanno eseguito contrazioni isometriche (ISO) e oscillatorie (OSC) sia sul piano frontale che su quello scapolare in stazione eretta con la spalla nella posizione di 90° di abduzione ed ER con flessione del gomito a 90°. Sia gli esercizi ISO che OSC sono stati eseguiti con una fascia elastica;	I valori medi dell'attività EMG di TMi sul piano frontale sono stati significativamente maggiori sia con la fascia elastica singola che doppia rispetto a quelli sul piano scapolare, indipendentemente dalle condizioni di esercizio. Inoltre, i valori medi dell'attività EMG di TMi sono stati significativamente maggiori con la fascia elastica doppia sul piano frontale rispetto a quelli con la fascia elastica singola indipendentemente dalle condizioni di esercizio. Al contrario, il valore medio dell'attività EMG di IS sul piano scapolare è stato

				<p>un'altra fascia elastica è stata utilizzata sulla porzione distale del braccio direttamente sopra il gomito. L'esaminatore ha applicato una resistenza massima alla porzione distale dell'avambraccio prono per creare una rotazione interna di spalla.</p>	<p>significativamente maggiore con la fascia elastica singola rispetto al piano frontale, mentre non è stata osservata alcuna differenza con la fascia elastica doppia tra i 2 piani. L'attività EMG di LT è stata maggiore sul piano frontale rispetto a quella sul piano scapolare e maggiore con la fascia elastica doppia durante ISO sul piano frontale. L'attività EMG di TMa è stata inferiore sul piano frontale con la fascia elastica singola rispetto a quella sul piano scapolare. L'attività EMG di SA è stata maggiore durante OSC sia con la fascia elastica singola che doppia rispetto a quello di ISO.</p>
--	--	--	--	--	--

4. DISCUSSIONE

4.1 SINTESI DELLE EVIDENZE

L'obiettivo di questa revisione della letteratura è indagare quali esercizi massimizzano l'attività elettromiografica dei muscoli della cuffia dei rotatori. La forza dei muscoli della cuffia dei rotatori è fondamentale per il corretto funzionamento dell'articolazione gleno-omerale e i dati dell'EMG forniscono dati specifici per esercizi basati sulla massima attivazione muscolare volontaria (MVIC) dei singoli muscoli.²⁷

Risultati concordi con il nostro studio sono emersi dalla revisione di *Cricchio et al.*,²⁸ che hanno studiato anch'essi gli esercizi con la maggior MVIC per i muscoli della cuffia dei rotatori. I migliori esercizi emersi dagli studi sono stati: rotazione esterna isometrica, rotazione esterna in posizione decubito laterale, flessione completa delle braccia in avanti, abduzione orizzontale prona con rotazione esterna, rotazione interna in posizione neutra e push-up plus.²⁸ Come analizzato da *Joseph et al.*,⁸ anche dallo studio di *Reinold et al.*²⁹ è emerso che la rotazione esterna isometrica resiste massimizza il reclutamento dell'infraspinato, riducendo il coinvolgimento del deltoide quando eseguita con carichi basso-medi; inoltre, sempre secondo *Reinold et al.*,²⁹ la rotazione esterna in posizione decubito laterale, produce il maggior MVIC per l'infraspinato e il piccolo rotondo, riducendo l'attivazione del trapezio superiore. A differenza di *Kumar et al.*¹⁶ che suggeriva come miglior esercizio per l'infraspinato e il piccolo rotondo l'abduzione orizzontale prona a 90° con massima rotazione esterna, *Townsend et al.*³⁰ mostrano come questo esercizio produca un maggiore coinvolgimento del deltoide e potrebbe quindi non essere un esercizio vantaggioso per pazienti con scarsa stabilità dinamica di spalla. Gli stessi autori suggeriscono l'abduzione orizzontale con rotazione esterna di spalla come esercizio migliore, poiché oltre ai rotatori esterni viene attivato anche il sovraspinato.³⁰

A differenza di *Bitter et al.*¹⁸ e *Forbush et al.*²³, (che hanno esaminato la rotazione esterna di spalla con l'adduzione attiva del braccio al tronco senza trovare alcuna differenza) dallo studio di *Suenaga et al.*³¹ è emerso che l'esercizio di rotazione interna dalla posizione zero con un'adduzione attiva di omero ha dimostrato un'attività muscolare EMG più elevata del sottoscapolare e una ridotta attività del grande pettorale rispetto al movimento senza adduzione attiva.

In linea con quanto emerso da questa revisione,^{20,21} *Hess et al.*³² hanno consigliato l'esercizio "push-up plus" per l'attivazione elevata del muscolo sottoscapolare, sia la porzione superiore che inferiore del muscolo.

Studi precedenti hanno anche riscontrato che le porzioni superiore e inferiore del muscolo sottoscapolare hanno funzioni separate e potrebbero richiedere esercizi di riabilitazione separati.³³ In questa revisione, solo *Decker et al.*²¹ e *Kai et al.*¹³ hanno differenziato e studiato entrambe le porzioni superiore e inferiore del muscolo, quindi i loro risultati sono stati riportati separatamente.

La revisione di *Peter et al.*³⁴ ha studiato l'attività EMG durante gli esercizi riabilitativi, identificando i migliori esercizi per un carico corretto nelle fasi postoperatorie. Nonostante la maggior parte degli esercizi attivi per la cuffia dei rotatori siano controindicati durante le primissime fasi postoperatorie,³⁵ *Peter et al.*³⁴ hanno scoperto che una serie di esercizi progressivi di elevazione attiva e al di sotto del 15% di MVIC potrebbero essere considerati appropriati. L'esercizio del pendolo è stato analizzato anche da *Uhl et al.*³⁶ e *Long et al.*³⁷: entrambi gli studi hanno dimostrato bassi livelli di attivazione sia del sopraspinato che dell'infraspinato, suggerendo quindi un utilizzo appropriato nelle prime fasi della riabilitazione post operatoria.

*Murphy et al.*³⁸ hanno esaminato pazienti dopo un intervento chirurgico e hanno riportato i livelli di attivazione muscolare durante gli esercizi di rotazione esterna assistita (dal terapeuta o dall'individuo stesso), l'elevazione assistita, il pendolo, la rotazione interna e l'adduzione isometrica: gli autori hanno riportato che per il sopraspinato tutti gli esercizi possono essere considerati passivi perché hanno riportato valori minori del 15% di MVIC, mentre per quanto riguarda il muscolo infraspinato nessun esercizio si può considerare passivo, dato che tutti gli esercizi hanno superato il livello di attività minimo (>15% MVIC). Per impostare un corretto piano terapeutico, risulta importante ai fisioterapisti conoscere i valori di attivazione muscolare che ogni singolo esercizio determina sul muscolo, consentendo così una corretta progressione di esercizi in base alle esigenze individuali del paziente.^{39,40}

4.2 PUNTI DI FORZA E LIMITI DELLO STUDIO

La presente revisione è stata redatta seguendo le linee guida descritte nel PRISMA-P e questo rappresenta, a parere degli autori, un primo punto di forza dell'elaborato. Anche la precisione con cui sono state riportate le modalità di ricerca e selezione degli studi, nonché il fatto che si sia cercato di limitare al minimo la possibilità di incappare in errori metodologici durante il processo di selezione e analisi degli articoli, attraverso una ricerca basata sul modello PICO, eseguita su tre diverse banche dati elettroniche qualificate (Medline, PEDro, Cochrane). È quindi stata eseguita una selezione degli studi seguendo minuziosamente i processi descritti dal diagramma di flusso PRISMA. Per il critical appraisal degli studi selezionati è stata eseguita un'analisi dei bias potenzialmente presenti all'interno degli studi stessi attraverso il JBI ("Joanna Briggs Institute").

Detto ciò, è necessario evidenziare alcuni limiti presenti all'interno del disegno di studio. Il primo limite intrinseco è il fatto che la revisione sia stata effettuata interamente da un singolo ricercatore, a partire dall'elaborazione delle stringhe di ricerca, passando dalla scelta dei criteri di inclusione ed esclusione, fino all'analisi degli studi, limitando potenzialmente il ritrovamento e la discussione di studio a un singolo parere.

Un altro limite di questa revisione è che i risultati si basano esclusivamente su valori riportati da individui giovani (sotto i 40 anni) e sani: i valori dell'EMG potrebbero essere modificati a causa del dolore, della patologia o delle restrizioni del ROM. La letteratura precedente ha suggerito che i pazienti con spalle dolorose e sintomatiche potrebbero attivare i muscoli in modo diverso rispetto ai soggetti sani.^{38,41}

4.3 IMPLICAZIONI PER LA PRATICA CLINICA

Gli studi presi in esame hanno valutato partecipanti con spalle sane al fine di ottenere una MVIC accurata per fini di confronto; è importante sottolineare che l'attività muscolare rilevata in questi partecipanti sani potrebbe non rappresentare in modo completo l'attività muscolare negli individui con patologie o che hanno subito interventi chirurgici alla spalla. Studi precedenti hanno suggerito che i pazienti affetti da dolore e sintomi alla spalla attivano i muscoli in modo differente. Pertanto, è necessario esercitare cautela nell'estrapolare i dati raccolti da soggetti sani e nell'applicare tali risultati alle popolazioni cliniche.

Un altro limite di questo studio è rappresentato dalla difficoltà nel determinare quale sia l'esercizio riabilitativo migliore; la natura complessa dei diversi esercizi rende difficile trarre conclusioni definitive sulla loro superiorità in termini di risultati clinici, in quanto possono intervenire molteplici fattori come le caratteristiche individuali dei partecipanti o le specifiche esigenze di riabilitazione di ciascun individuo. Pertanto, è necessaria cautela nell'estrapolare dati raccolti da soggetti sani e nell'applicare i risultati in modo rigoroso in un contesto clinico per i pazienti postoperatori, e gli studi di elettromiografia da soli, non possono fornire linee guida definitive sulla sicurezza relativa degli esercizi riabilitativi.

In conclusione, questa revisione sistematica fornisce una serie di esercizi basati su evidenze, offrendo ai fisioterapisti uno strumento utile per sviluppare programmi di esercizio mirati ed efficaci per la cuffia dei rotatori. Si dovrebbe approfondire con ulteriori studi la selezione di esercizi e il loro impatto specifico sia su soggetti sani che su pazienti con patologie di spalla.

5. CONCLUSIONI

Diversi esercizi vengono comunemente utilizzati nella pratica clinica allo scopo di favorire l'attivazione ed il rinforzo dei muscoli della cuffia dei rotatori. La presente revisione si poneva l'obiettivo di indagare quali esercizi tra quelli comunemente utilizzati, favoriscono maggiormente l'attività della cuffia dei rotatori.

La ricerca effettuata e gli studi inclusi hanno permesso di fare il quadro di cosa sia stato indagato in letteratura. La cuffia dei rotatori svolge un ruolo essenziale nell'articolazione della spalla, fornendo stabilità e coordinazione durante i movimenti del braccio; dagli studi è emersa l'importanza di comprendere l'anatomia e la funzione dei muscoli della cuffia dei rotatori, nonché l'effetto dell'allenamento specifico su di essi. I risultati indicano che un adeguato allenamento dei muscoli della cuffia dei rotatori è fondamentale per prevenire lesioni, migliorare le prestazioni atletiche e promuovere una postura corretta. L'allenamento mirato può aumentare la forza e la resistenza dei muscoli della cuffia dei rotatori, migliorando la stabilità dell'articolazione della spalla e riducendo il rischio di traumi. Inoltre, si è evidenziata l'importanza di un programma di riabilitazione specifico per i pazienti con lesioni alla cuffia dei rotatori o dopo interventi chirurgici. L'allenamento mirato durante il percorso di riabilitazione aiuta a ripristinare la funzionalità dell'articolazione e favorire una pronta ripresa delle attività quotidiane e sportive.

È fondamentale sottolineare che ogni individuo è unico e richiede un approccio personalizzato nell'allenamento dei muscoli della cuffia dei rotatori. Pertanto, la consulenza di un professionista della salute, come un fisioterapista o un allenatore specializzato, è indispensabile per sviluppare un programma di allenamento appropriato in base alle esigenze e alle condizioni specifiche di ogni persona.

In conclusione, la ricerca ha dimostrato che l'allenamento dei muscoli della cuffia dei rotatori è cruciale per mantenere la salute e la funzionalità dell'articolazione della spalla; la consapevolezza dell'importanza di questi muscoli e l'implementazione di un adeguato programma di allenamento possono contribuire a prevenire o a favorire il recupero di lesioni, e a migliorare la funzionalità e le performance fisiche. Continui studi e ricerche in questo campo sono necessarie per approfondire la comprensione e l'applicazione degli esercizi specifici per la cuffia dei rotatori.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Huegel J, Williams AA, Soslowsky LJ. "Rotator cuff biology and biomechanics: a review of normal and pathological conditions". *Curr Rheumatol Rep*, 2015 Jan;17(1):476.
2. A Burke Gurney, Christine Mermier, Michael LaPlante, Aditi Majumdar, Kathleen O'Neill, Todd Shewman, James G Gurney. "Shoulder Electromyography Measurements During Activities of Daily Living and Routine Rehabilitation Exercises". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2016 May;46(5):375-83.
3. Richardson E, Lewis JS, Gibson J, Morgan C, Halaki M, Ginn K, Yeowell G. "Role of the kinetic chain in shoulder rehabilitation: does incorporating the trunk and lower limb into shoulder exercise regimes influence shoulder muscle recruitment patterns? Systematic review of electromyography studies". *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2020 Apr 22;6(1):000683.
4. Uhl TL, Muir TA, Lawson L. "Electromyographical assessment of passive, active assistive, and active shoulder rehabilitation exercises". *PM R*, 2010;2:132-141.
5. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group TP. "Linee guida per il reporting di revisioni sistematiche e meta-analisi: il PRISMA Statement". *Evidence*, 2015;7(6).
6. Moola S, Munn Z, Sears K, Sfetcu R, Currie M, Lisy K, Tufanaru C, Qureshi R, Mattis P, Mu P. "Conducting systematic reviews of association (etiology): The Joanna Briggs Institute's approach". *Int J Evid Based Healthc*, 2015 Sep;13(3):163-9.
7. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. "Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews". *Syst Rev*, 2016 Dec 5;5(1):210.
8. Joseph R, Alenabi T, Lulic T, Dickerson CR. "Activation of Supraspinatus and Infraspinatus Partitions and Periscapular Musculature During Rehabilitative Elastic Resistance Exercises". *Am J Phys Med Rehabil*, 2019 May: 98(5):407-415.
9. Fukunaga T, Orishimo KF, McHugh MP. "Electromyographic analysis of select eccentric-focused rotator cuff exercises". *Physiother Theory Pract*, 2021 Nov: 38(13):2554-2562.

10. Alizadehkhayat O, Hawkes DH, Kemp GJ, Frostick SP. "Electromyographic Analysis of the Shoulder Girdle Musculature During External Rotation Exercises". *Orthop J Sports Med*, 2015 Nov 4: 3(11):2325967115613988.
11. Edwards PK, Kwong PWH, Ackland T, Wang A, Donnelly CJ, Ebert JR. "Electromyographic Evaluation of Early-Stage Shoulder Rehabilitation Exercises Following Rotator Cuff Repair". *Int J Sports Phys Ther*, 2021 Dec: 1;16(6):1459-1469.
12. Ganderton C, Kinsella R, Watson L, Pizzari T. "Getting more from standard rotator cuff strengthening exercises". *Shoulder Elbow*, 2020 Jun: 12(3):203-211.
13. Kai Y, Gotoh M, Madokoro K, Takei K, Murata S, Kanazawa T, Shibata H, Morihara T, Shiba N. "Electromyographic study of rotator cuff muscle activity during full and empty can tests". *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*, 2015 Jan: 29;2(1):36-41.
14. Dark A, Ginn KA, Halaki M. "Shoulder muscle recruitment patterns during commonly used rotator cuff exercises: an electromyographic study". *Phys Ther*, 2007 Aug:87(8):1039-46.
15. Takumi, F; Fedge, C; Tyler, T; Mullaney, M; Schmitt, B; Orishimo, K; McHugh, M; Nicholas, S. "Band Pull-Apart Exercise: effects of Movement Direction and Hand Position on Shoulder Muscle Activity". *Int J Sports Phys Ther*, 2022 Apr: 2:17(3):400-408.
16. Kumar M, Srivastava S, Das VS. "Electromyographic analysis of selected shoulder muscles during rehabilitation exercises". *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2018: 31(5):947-954.
17. Ryan G, Johnston H, Moreside J. "Infraspinatus Isolation During External Rotation Exercise at Varying Degrees of Abduction". *J Sport Rehabil*, 2018 Jul: 1;27(4):334-339.
18. Bitter NL, Clisby EF, Jones MA, Magarey ME, Jaberzadeh S, Sandow MJ. "Relative contributions of infraspinatus and deltoid during external rotation in healthy shoulders". *J Shoulder Elbow Surg*, 2007 Sep-Oct: 16(5):563-8.
19. Ha SM, Kwon OY, Cynn HS, Lee WH, Kim SJ, Park KN. "Selective activation of the infraspinatus muscle". *J Athl Train*, 2013 May-Jun: 48(3):346-52.
20. Swanik, KA; Bliven, KH; Swanik, CB. "Rotator-cuff muscle-recruitment strategies during shoulder rehabilitation exercises". *J Sport Rehabil*, 2011 Nov: 20(4):471-86.

21. Decker MJ, Tokish JM, Ellis HB, Torry MR, Hawkins RJ. "Subscapularis muscle activity during selected rehabilitation exercises". *Am J Sports Med*, 2003 Jan-Feb: 31(1):126-34
22. Tsuruike, M; Ellenbecker, TS; Lauffenburger, C. "The Application of Double Elastic Band Exercise in the 90/90 Arm Position for Overhead Athletes". *Sports Health*, 2020 Sep/Oct: 12(5):495-500.
23. Forbush, SW; Bandy, WD; Garrison, MK; Graves, LC; Roberts, R. "Testing infraspinatus and deltoid muscles with new technique to decrease deltoid activity during testing using EMG analysis". *Int J Sports Phys Ther*, 2018 Aug: 13(5):896-904.
24. Chao S, Thomas S, Yucha D, Kelly JD 4th, Driban J, Swanik K. "An electromyographic assessment of the "bear hug": an examination for the evaluation of the subscapularis muscle". *Arthroscopy*, 2008 Nov: 24(11):1265-70.
25. Ginn KA, Reed D, Jones C, Downes A, Cathers I, Halaki M. "Is subscapularis recruited in a similar manner during shoulder internal rotation exercises and belly press and lift off tests?". *J Sci Med Sport*, 2017 Jun: 20(6):566-571.
26. David G, Magarey ME, Jones MA, Dvir Z, Turker KS, Sharpe M. "EMG and strength correlates of selected shoulder muscles during rotations of the glenohumeral joint". *Clin Biomech*, 2000;15:95- 102.
27. Burkhart SS. "Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears: clinical results and biomechanical rationale". *Clin Orthop Relat Res*, 1991;267:45-56.
28. Mike Cricchio, Cindy Frazer. "Scapulothoracic and scapulohumeral exercises: a narrative review of electromyographic studies". *J Hand Ther*, 2011 Oct-Dec;24(4):322-33.
29. Reinold MM, Wilk KE, Fleisig GS, et al. "Electromyographic analysis of the rotator cuff and deltoid musculature during common shoulder external rotation exercises". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2004;34:385–94.
30. Townsend H, Jobe FW, Pink M, Perry J. "Electromyographic analysis of the glenohumeral muscles during a baseball rehabilitation program". *Am J Sports Med*, 1991;19:264–72.
31. Suenaga N, Minami A, Fujisawa H. "Electromyographic analysis of internal rotational motion of the shoulder in various arm positions". *J Shoulder Elbow Surg*, 2003;12:501–5.

32. Hess SA, Richardson C, Darnell R, Friis P, Lisle D, Myers P. "Timing of rotator cuff activation during shoulder external rotation in throwers with and without symptoms of pain". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2005;35:812–20.
33. Jawa A, Colliton EM. "Role of Subscapularis Tendon Repair in Reverse Total Shoulder Arthroplasty". *J Am Acad Orthop Surg*, 2021 Jul 15;29(14):604-608.
34. Peter K Edwards, Jay R Ebert, Chris Littlewood, Tim Ackland, Allan Wang. "A Systematic Review of Electromyography Studies in Normal Shoulders to Inform Postoperative Rehabilitation Following Rotator Cuff Repair". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2017 Dec;47(12):931-944.
35. Kluczynski MA, Isenburg MM, Marzo JM, Bisson LJ. "Does early versus delayed active range of motion affect rotator cuff healing after surgical repair? A systematic review and meta-analysis". *Am J Sports Med*, 2016;44:785-791.
36. Uhl TL, Carver TJ, Mattacola CG, Mair SD, Nitz AJ. "Shoulder musculature activation during upper extremity weight-bearing exercise". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2003;33:109-117.
37. Long JL, Ruberte Thiele RA, Skendzel JG, et al. "Activation of the shoulder musculature during pendulum exercises and light activities". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010;40:230-237.
38. Murphy CA, McDermott WJ, Petersen RK, Johnson SE, Baxter SA. "Electromyographic analysis of the rotator cuff in postoperative shoulder patients during passive rehabilitation exercises". *J Shoulder Elbow Surg*, 2013;22:102- 107.
39. Thigpen CA, Shaffer MA, Gaunt BW, Leggin BG, Williams GR, Wilcox RB, 3rd. "The American Society of Shoulder and Elbow Therapists' consensus statement on rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair". *J Shoulder Elbow Surg*, 2016;25:521-535.
40. Thigpen CA, Shaffer MA, Kissenberth MJ. "Knowing the speed limit: weighing the benefits and risks of rehabilitation progression after arthroscopic rotator cuff repair". *Clin Sports Med*, 2015;34:233-246.

41. Ellsworth AA, Mullaney M, Tyler TF, McHugh M, Nicholas S. "Electromyography of selected shoulder musculature during un-weighted and weighted pendulum exercises". *N Am J Sports Phys Ther*, 2006;1:73-79.