



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. 2019/2020

Campus Universitario di Savona

# **Neck pain ed alterazione del controllo motorio: esercizi specifici o globali?**

Candidato:

Dott.ssa Maria Bà

Relatore:

Dott.ssa Silvia Vedani



|  |    |
|--|----|
| Indice   |    |
| ABSTRACT.....  | 1  |
| 1 INTRODUZIONE .....                                       | 2  |
| 1.1 Movimento e dolore .....                               | 3  |
| 1.2 Neck pain: modifiche funzionali.....                   | 4  |
| 1.3 Neck pain: modifiche strutturali .....                 | 5  |
| 1.4 Evidenze di trattamento ad oggi.....                   | 6  |
| 1.5 L'esercizio aerobico .....                             | 7  |
| 1.6 Obiettivo dello studio.....                            | 8  |
| 2 MATERIALI E METODI.....                                  | 9  |
| 2.1 Quesito di ricerca.....                                | 9  |
| 2.2 Criteri di eleggibilità .....                          | 9  |
| 2.3 Fonti e strategia di ricerca.....                      | 10 |
| 2.4 Processo di selezione degli studi .....                | 12 |
| 3 RISULTATI .....  | 13 |
| 3.1 Selezione degli studi e flow chart.....                | 13 |
| 3.2 Valutazione critica degli studi inclusi.....           | 16 |
| 3.3 Sintesi degli studi inclusi e tabelle sinottiche ..... | 18 |
| 3.4 Analisi dei risultati .....                            | 25 |
| 4 DISCUSSIONE .....  | 33 |
| 4.1 Discussione dei risultati .....                        | 33 |
| 4.2 Punti di forza e limiti della revisione .....          | 35 |
| 4.3 Implicazioni per ricerche future .....                 | 36 |
| 5 CONCLUSIONI.....   | 37 |
| 6 BIBLIOGRAFIA.....  | 38 |



## ABSTRACT

**Introduzione:** il movimento in condizioni di dolore si modifica, il nostro corpo mette in atto strategie protettive al fine di limitare il danno tessutale. Queste strategie, in un primo momento sono adattative ed utili, ma se protratte nel tempo possono rivelarsi maladattative e possono concorrere al perpetuarsi del dolore. L'alterazione del controllo motorio nei pazienti con neck pain è stata attribuita ad una disfunzione della muscolatura cervicale in particolar modo a quella profonda, la quale attivazione in condizioni patologiche è ridotta. L'esercizio sembra essere un trattamento chiave nei pazienti con neck pain: diviene quindi importante sapere se sia più efficace un trattamento con focus specifico sul controllo motorio, o siano più indicati esercizi globali di rinforzo, aerobici o in acqua.

**Materiali e metodi:** la ricerca sistematica della letteratura è stata effettuata nelle banche dati Medline (Pubmed), The Cochrane Library e Pedro. Sono stati inclusi studi che indagano popolazioni di soggetti con neck pain, incluso WAD, cefalea cervicogenica, neck pain degenerativo o sindromi miofasciali e neck pain con dolore radicolare. Sono stati esclusi gli articoli con popolazione di soggetti con neck pain dovuto ad altre cause specifiche o post-chirurgia. Il target della ricerca sono stati i trattamenti basati sull'esercizio, o specifico per il controllo motorio o generico di rinforzo, aerobico o in acqua. Sono stati esclusi gli studi che prevedessero unicamente trattamenti manuali, mobilizzazioni, tecniche sui tessuti molli, HVLA, terapie fisiche o approcci comportamentali (Behavioural therapy, PNF). Gli outcome di interesse sono stati il dolore e la disabilità.

**Risultati:** dalla ricerca nelle diverse banche dati sono emersi 91 risultati dei quali, dopo la rimozione dei duplicati, 79 sono stati sottoposti a screening con abstract e titolo; 29 articoli sono risultati eleggibili alla lettura del full text. Al termine del processo di selezione 18 articoli sono stati ritenuti idonei ai criteri di inclusione per la revisione qualitativa. La valutazione critica degli studi è stata effettuata con la "R.o.B. 2.0" della Cochrane; gli studi sono stati giudicati di qualità da bassa ad alta.

**Discussione e conclusioni:** la presente revisione ha individuato, nella maggioranza degli articoli inclusi, che il training di controllo motorio è equiparabile a quello generico di rinforzo aerobico o in acqua, per quanto riguarda il dolore e la disabilità mentre risulta essere migliore in relazione ad altri outcome come l'attività elettromiografica, la forza e le dimensioni della muscolatura flessoria profonda. Ricerche future saranno necessarie per individuare quali gruppi di soggetti possono beneficiare del training di controllo motorio.

**Key words:** neck pain, motor control, deep cervical flexor

# 1 INTRODUZIONE

Il neck pain è un problema comune nella popolazione generale, con una prevalenza del 43-77% e che colpisce soprattutto la popolazione lavorativa attiva e le persone con WAD (Whiplash Associated Disorders)<sup>1</sup>. Il dolore cervicale rappresenta un impairment non solo fisico ma anche psicologico e sociale, inoltre, rappresenta un elevato costo per i sistemi sanitari nazionali<sup>1</sup>.

Molti studi ad oggi hanno dimostrato come nei soggetti con neck pain oltre che impairment di forza, resistenza e precisione, vi sia un alterato controllo motorio in termini di *timing* di attivazione. E' stata inoltre rilevata in questa popolazione la presenza di modifiche muscolari strutturali (*cross sectional area*, infiltrazioni di tessuto adiposo, tipo di fibre)<sup>1</sup>.

Pazienti con neck pain possono avere inoltre una serie di altre presentazioni cliniche tra cui un'alterata propriocezione, "*forward head posture*" (capo in avanti), riduzione del ROM cervicale, sintomi psicologici come ansia, depressione, kinesiofobia e catastrofizzazione, alterato equilibrio e disfunzioni respiratorie<sup>2</sup>.

Il controllo motorio può essere definito come la capacità del sistema nervoso centrale di produrre movimenti utili che siano coordinati ed integrati con il resto del corpo e dell'ambiente durante l'esecuzione di un gesto funzionale<sup>3</sup>.

Una delle componenti più importanti del sistema di stabilizzazione cervicale sono i muscoli flessori profondi *longus colli* e *longus capitis*, la loro morfologia ricca di propriocettori permette di comportarsi come "legamenti attivi" supportando la lordosi cervicale e le articolazioni cervicali. In soggetti sani, l'attivazione di questi muscoli avviene anticipatamente all'attività di muscoli maggiori per stabilizzare i segmenti vertebrali soprattutto nei movimenti funzionali a mid-range che sono le comuni posture di lavoro<sup>4</sup>.

Queste risposte sono pre-pianificate dal sistema nervoso centrale e sono definiti aggiustamenti anticipatori o *feedforward*.

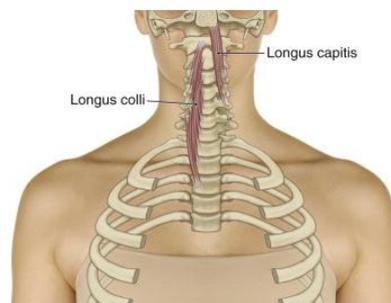


Figura 1: Anatomia dei flessori cervicali profondi.  
(Immagine modificata tratta da Muscolino 2016<sup>5</sup>)

I flessori profondi sono stati studiati in modo indiretto utilizzando tecnologie come il computer modelling, analisi istologiche e studi di imaging; ma sono anche state ideate tecniche di indagine dirette attraverso il segnale EMG (Falla D. et al, 2003<sup>4</sup>).

Inoltre, anche la muscolatura estensoria profonda, in particolare i muscoli *semispinalis* e *multifidus*, è ritenuta una componente fondamentale per la stabilizzazione cervicale.

## 1.1 Movimento e dolore

Quando vi è un dolore acuto, il sistema nervoso centrale si attiva per rimuovere possibili minacce reali o ipotetiche, e questo può essere raggiunto grazie all'output motorio: l'attivazione muscolare può essere quindi "inibita" per ridurre l'ampiezza o la velocità di un movimento doloroso. Il sistema motorio si adatta velocemente e può fare questo grazie ad un processo per prove ed errori al fine di individuare la soluzione ottimale ricercata, cioè la protezione del segmento corporeo centro del dolore. Quando il dolore diventa cronico, i cambiamenti del sistema motorio e la loro rilevanza in termini di "protezione" dei tessuti non sono del tutto chiari, la spiegazione di come e perchè avviene e il suo ruolo nel "circolo vizioso" del perpetuarsi del sintomo dolore rimane dibattuta.<sup>6</sup>

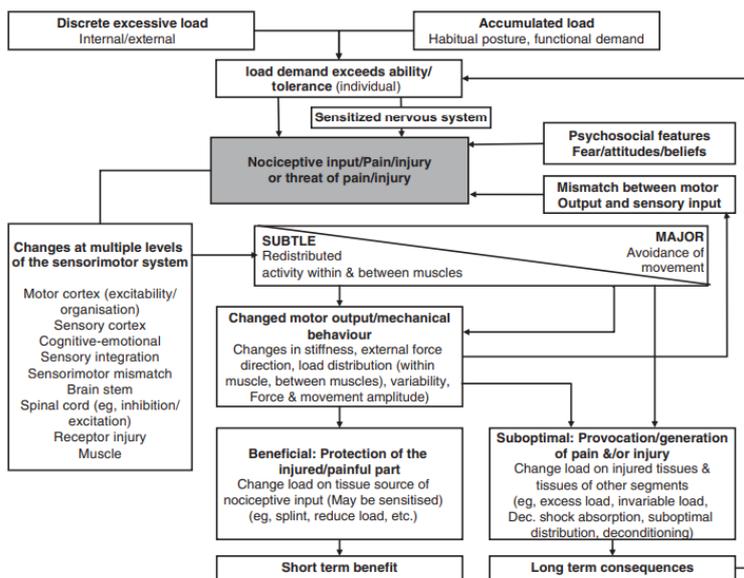


Figura 2: Adattamento del sistema motorio in condizioni di dolore. (Immagine modificata tratta da Hodges et al. 2015<sup>6</sup>)

La riorganizzazione del movimento varia dalla redistribuzione dell'attività dei singoli muscoli e tra i muscoli fino all'evitamento completo del movimento. A favorire la transizione da una condizione all'altra contribuiscono fattori cognitivi e, molto probabilmente, il fattore tempo. Nel grafico in figura 2 emerge chiaramente come il perpetuarsi del processo di adattamento motorio, che sarà in quel caso maladattativo, possa contribuire alla cronicizzazione del quadro clinico. Un carico subottimale della zona colpita dal dolore può comportare un eccesso di carico ai segmenti adiacenti generando un ulteriore input nocicettivo. La salienza di questo input può risentire inoltre dello stato di sensibilizzazione centrale, ma può essere condizionato anche dalla presenza di fattori psico-sociali e dalla diminuzione della percezione del proprio corpo .

## 1.2 Neck pain: modifiche funzionali

Dati recenti indicano che in presenza di neck pain, vi sia una modifica nell'attività della muscolatura profonda e superficiale cervicale: la loro disfunzione è associata con una ritardata sincronizzazione o reclutamento, ridotta attività, scarso controllo della mobilità spinale cervicale e perdita del controllo della posizione neutra. In regioni con alterato controllo motorio l'attività di muscoli superficiali, come lo sternocleidomastoideo, avviene senza l'attivazione simultanea della muscolatura profonda. Durante il CCF (*Craniocervical Flexion Test*), un test clinico utilizzato per valutare il controllo neuromuscolare della muscolatura cervicale profonda, l'attività dei muscoli superficiali è aumentata a discapito di una riduzione di quella della muscolatura stabilizzatrice, inoltre è ridotto il range of motion durante il task.<sup>4,7</sup>

Altri studi elettromiografici, tra i quali quelli di Deborah Falla e del suo team li fanno sicuramente da padrone, hanno evidenziato un *onset* ritardato sia della muscolatura profonda che superficiale cervicale (anche se maggiormente evidenti nel *longus colli* e *longus capitis*) durante movimenti rapidi del braccio, suggerendo una modifica nei meccanismi automatici di controllo *feedforward* del rachide cervicale<sup>7</sup>.

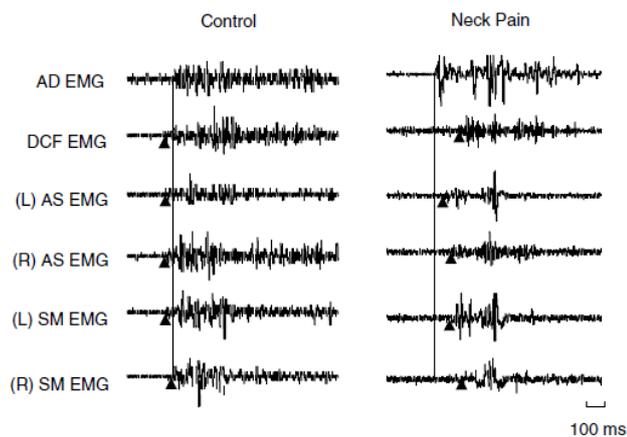


Figure 3: Attivazione ritardata della muscolatura profonda durante delle perturbazioni in soggetti con neck pain rispetto a controlli sani. (AD) deltoide anteriore, (DCF) flessori profondi, (L) sinistro e (R) destro, (SM) sternocleidomastoideo e (AS) scaleno anteriore. Il triangolino evidenzia l'onset di attivazione muscolare, la linea verticale evidenzia la perturbazione data dal movimento rapido del braccio. (Immagine modificata tratta da Falla e Farina 2008<sup>7</sup>).

La perdita del controllo motorio cervicale dovuto all'alterata attivazione della muscolatura profonda, si crede possa essere la ragione di un'iperattività compensatoria della muscolatura cervicale superficiale<sup>2</sup>. Gli estensori superficiali come il trapezio infatti, tipicamente svolgono un'attività compensatoria aumentando la loro attivazione nei soggetti con neck pain e ritardando il tempo di *offset*, cioè di rilassamento, dopo l'attività<sup>7</sup>.

Oltre ad una riduzione di attività, i muscoli semispinali profondi, mostrano un'attività meno definita in pazienti con neck pain durante contrazioni isometriche multidirezionali: rispetto ai

controlli sani vi è un'attivazione maggiore in tutte le direzioni di movimento<sup>8</sup>.

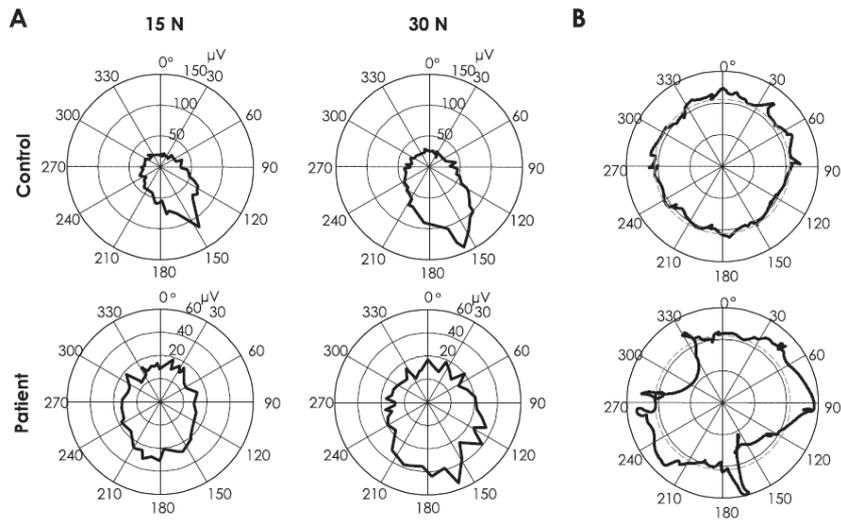


Figure 4: rappresentazione dell'attivazione direzionale di un gruppo di controlli e soggetti con neck pain durante l'esecuzione di contrazioni isometriche a 15 e 30 N di forza. (Immagine modificata tratta da Schomacher et al. 2013<sup>8</sup>)

E' stato ipotizzato che a causa di questa disfunzione della muscolatura profonda, l'equilibrio tra la colonna posteriore e quella anteriore venga perso e ci sia un controllo povero ed inadeguato del movimento articolare che concorre esso stesso al perpetuarsi del dolore a causa di microtraumi ripetuti. Per questo motivo la rieducazione del controllo di questi muscoli è il focus delle strategie di riabilitazione attuali per i pazienti con neck pain<sup>5,9</sup>.

La variabilità del meccanismo di minor attivazione della muscolatura profonda in pazienti con neck pain rimane poco chiara; tuttavia alcuni studi suggeriscono che possa essere correlata all'intensità del dolore e alle caratteristiche individuali di presentazione clinica di ciascun soggetto. Inoltre, forte dolore è associato a minor forza della muscolatura cervicale, inclusa quella estensoria. Tra gli altri fattori si possono includere lo stato generale di stress psicologico, e comportamenti di evitamento del dolore, i quali hanno una forte influenza sul controllo motorio cervicale.<sup>8</sup>

### 1.3 Neck pain: modifiche strutturali

Le modifiche non sono solo in termini di *timing* di attivazione ma, soprattutto nei soggetti con neck pain cronico, diventano vere e proprie modifiche strutturali. Biopsie muscolari hanno dimostrato un aumento significativo della proporzione di fibre IIC (veloci con metabolismo glucolitico) sia nella componente estensoria che flessoria cervicale, questi dati sono in accordo con le evidenze che attestano una dimostrazione di fatica mioelettrica maggiore di questi soggetti durante delle contrazioni sostenute. Sono state documentate inoltre, atrofia e

infiltrazioni di tessuto connettivo nei muscoli suboccipitali profondi. In pazienti con mialgia del trapezio, la biopsia muscolare ha evidenziato segni di disturbo della funzione mitocondriale, concentrazione di ATP ridotta e cross-sectional area aumentata delle fibre di tipo I ma in presenza di un rapporto capillarizzazione/area delle fibre minore. Questi cambiamenti possono essere correlati all'overuse delle unità motorie lente (con metabolismo ossidativo) che può spiegare lo sviluppo di dolore in individui che compiono task motori ripetitivi a bassa intensità. Infiltrazioni di grasso sono state osservate anche nella componente estensoria profonda (multifido e semispinali) in pazienti con neck pain dovuto a WAD, e questo dato sembrerebbe essere correlato ad un recupero funzionale peggiore<sup>1,8</sup>.

#### 1.4 Evidenze di trattamento ad oggi

Molti approcci sono stati proposti per migliorare il controllo motorio, soprattutto nei soggetti con low back pain, con l'obiettivo di correggere l'attivazione muscolare, l'allineamento posturale e i pattern di movimento disfunzionali. Indipendentemente dal meccanismo che mantiene il movimento aberrante nelle condizioni di dolore persistente, è essenziale considerare all'interno del programma terapeutico le disfunzioni motorie. Se il ripristino di questi problemi sia rilevante per il trattamento o no è ancora una questione dibattuta in letteratura: in alcuni casi il ripristino degli adattamenti motori può essere insufficiente e in altri non necessario per il recupero.<sup>4</sup>

Per quanto riguarda il rachide cervicale, il miglioramento del controllo motorio e della stabilità cervicale sono diventati alcuni degli obiettivi più importanti nella gestione del paziente con NP. La letteratura fornisce un numero considerevole di tecniche ed esercizi riabilitativi per questo tipo di problema. Il miglioramento della muscolatura flessoria profonda con Pressure Biofeedback è uno dei più diffusi e moderni metodi clinici per raggiungere questo obiettivo<sup>2</sup>.

Tuttavia, le linee guida JOSPT<sup>10</sup> di pratica clinica ad oggi disponibili (2017) in caso di neck pain ed alterazione della coordinazione, consigliano questo tipo di approccio solo all'interno di un programma di intervento multimodale che comprenda educazione, minimizzo dell'uso del collare, mobilizzazioni cervicali ed un programma individualizzato progressivo submassimale di esercizi (posturali, di mobilità, rinforzo, coordinazione, funzionali e aerobici).

Rimane ancora quindi sconosciuto se l'allenamento del controllo motorio, come attraverso il task specifico di retrazione cervicale, è necessario o se un programma generale di esercizi, come il rinforzo convenzionale o l'esercizio aerobico, potrebbe portare agli stessi effetti<sup>6</sup> di miglioramento in termini di dolore e disabilità in pazienti con neck pain ed alterazione del controllo motorio.

## 1.5 L'esercizio aerobico

Particolarmente interessante è l'ipotesi che anche l'esercizio aerobico possa essere una modalità utile al miglioramento di dolore e disabilità anche in soggetti con neck pain ed alterazione del controllo motorio e della coordinazione. Una revisione Cochrane della letteratura<sup>1</sup> (Gross A. et al., 2015) ha indagato l'efficacia dell'esercizio in pazienti con neck pain. L'esercizio ha benefici sia fisici che mentali attraverso il suo effetto su numerosi sistemi come quello cardiovascolare e immunitario, sulle funzioni cerebrali, sul sonno, l'umore e, non da ultimo, sul sistema muscoloscheletrico. In particolare, l'esercizio può:

- Aumentare la flessibilità e la mobilità delle strutture, migliorare la forza e la resistenza, aumentare la forza tensile di capsula e legamenti, prevenire e curare lesioni di tendini e cartilagine.
- Migliorare le funzioni cardiovascolari con minor incidenza di patologie cardiache, infarti o ipertensione.
- Ridurre lo stress, l'ansia e la depressione, migliorare l'umore e l'autostima producendo cambiamenti biochimici nel corpo e nel cervello. Le endorfine rilasciate dopo l'esercizio fungono da antidolorifico e antidepressivo naturale.
- Ridurre il rischio di mortalità prematura, migliora le capacità funzionali e aiuta gli anziani a mantenere la propria indipendenza.
- Migliora la qualità e la durata del sonno migliorando condizioni spiacevoli come l'insonnia.
- Migliora le funzioni cognitive negli adulti ed anziani.
- Fornisce effetti positivi sul sistema immunitario se effettuata con moderazione.

Nei soggetti sani, l'esercizio aerobico o di resistenza influisce in modo importante sull'inibizione dei meccanismi del dolore, probabilmente per il rilascio di oppioidi endogeni attraverso il grigio periacqueductale attivando il sistema di inibizione nocicettivo discendente. L'esercizio inoltre può migliorare l'esperienza di altre sensazioni corporee come l'aumento del battito cardiaco e la sudorazione, le quali deviano l'attenzione dal dolore e attraverso il sistema di *gate control*, riducono la salienza degli stimoli afferenti di input dalla pelle e dai muscoli. Tuttavia, l'efficacia nei soggetti sintomatici non è ancora del tutto chiara, *l'Exercise Induced Hypoalgesia*, l'analgesia endogena indotta dall'esercizio, potrebbe essere disfunzionale per esempio nei pazienti con dolore cronico o con sensibilizzazione centrale e potrebbe indurre *flare up* specialmente nelle prime fasi del trattamento.

## 1.6 Obiettivo dello studio

Sebbene vi siano ancora molti dubbi in merito al ruolo del controllo motorio nelle problematiche legate soprattutto al dolore cronico, sempre più studi confermano la sua importanza in questo tipo di pazienti. Crescente letteratura è presente in merito ai soggetti con low back pain ed alterazione del controllo motorio, mentre il trattamento delle disfunzioni di movimento nei soggetti con neck pain rappresenta ancora oggi un argomento poco studiato. L'obiettivo di questa revisione sistematica è quello di ricercare in letteratura le evidenze ad oggi presenti in merito al neck pain ed alterazione del controllo motorio, se vi sia indicazione al trattamento basato sull'esercizio con focus specifico sul controllo motorio o, se al fine di ottenere un miglioramento degli outcome (dolore e/o disabilità), sia più indicato un approccio globale con esercizi convenzionali di rinforzo, aerobici o in acqua.

## 2 Materiali e metodi

I metodi delle analisi e i criteri di inclusione sono stati predefiniti e documentati nella checklist PRISMA-P 2009<sup>11</sup> secondo le indicazioni del PRISMA-P Statement per le revisioni sistematiche e metanalisi.

### 2.1 Quesito di ricerca

L'obiettivo di questa ricerca è stato di individuare, in pazienti con neck pain ed alterazione del controllo motorio, se sia più efficace nella risoluzione del dolore e della disabilità, un training specifico sul controllo motorio o un training generale di rinforzo, aerobico o in acqua. Sulla base dell'obiettivo di ricerca è stato compilato il PICO con la popolazione, l'intervento, il controllo e l'outcome di interesse per la ricerca bibliografica in letteratura.

|            |   |
|------------|---|
| <b>P</b>   | soggetti con neck pain                            |
| <b>I</b>   | esercizi specifici per il controllo motorio       |
| <b>C</b>   | esercizi globali di rinforzo, aerobici o in acqua |
| <b>O</b>   | dolore e disabilità                               |
| <b>(S)</b> | RCT o quasi-RCT                                   |

### 2.2 Criteri di eleggibilità

#### **Tipo di studi**

Sono stati inclusi nella ricerca studi condotti su umani senza limiti di età, con full text disponibile in lingua inglese, non sono stati applicati filtri in merito all'anno di pubblicazione. Dal momento che la ricerca intende rispondere ad un quesito di trattamento sono stati inclusi soltanto gli RCT o quasi-RCT.

Sono stati esclusi articoli condotti su animali/in vitro, con full text non disponibile, articoli non in lingua inglese, revisioni sistematiche o altra tipologia di studio diversa da RCT.

#### **Tipo di partecipanti**

Sono stati inclusi studi che riguardano pazienti con neck pain meccanico (*mechanical neck disorders*), inclusi WAD (*whiplash associated disorders*); dolore cervicale miofasciale; degenerativo; cefalea cervicogenica; neck pain con dolore radicolare.

Sono stati esclusi studi che indagano neck pain causato da altre patologie specifiche o condizioni post-chirurgiche.

### Tipo di intervento

Sono stati inclusi tutti gli studi che abbiano come trattamento, anche all'interno di un programma di intervento multimodale, esercizi specifici e mirati per il controllo motorio del rachide cervicale. Sono stati esclusi tutti gli studi che analizzano come unico intervento tecniche di terapia manuale, mobilizzazioni, tecniche sui tessuti molli, HVLA, terapie fisiche o approcci comportamentali (Behavioural therapy, PNF).

### Tipo di confronto

Sono stati inclusi studi che hanno come trattamento una qualsiasi proposta terapeutica basata sull'esercizio purchè non abbiano come target il controllo motorio. La modalità di intervento può essere rivolta sia al rachide cervicale (rinforzo, endurance, stretching,..) sia all'intero organismo come per esempio esercizio aerobico, in acqua, di rinforzo o può prevedere attività ludiche come la corsa, yoga, thai chi o pilates.

### Tipo di outcome

Sono stati scelti come outcome di interesse il dolore (VAS, NRS) e la disabilità (Neck Disability Index).

## 2.3 Fonti e strategia di ricerca

La ricerca è stata effettuata sui database Medline (Pubmed), The Cochrane library e Pedro. In base al quesito di ricerca e al PICO, sono stati individuati i seguenti termini. Le strategie di ricerca sono state poi adattate alla sintassi e alle regole di archiviazione dei termini proprie di ogni database consultato.

Utilizzando il motore di ricerca Medline, dopo aver individuato i termini Mesh e i termini liberi di nostro interesse, è stata impostata una "Ricerca Avanzata".

Dopo alcune ricerche preliminari, sinonimi utili sono stati reperiti dalla lettura di articoli di background e dalla ricerca delle "parole chiave" degli articoli di nostro interesse.

|          |                        | Termini Mesh | Altri termini  |  |
|----------|------------------------|--------------|--|--|
| <b>P</b> | Soggetti con neck pain | neck pain    | Cervical<br>mechanical<br>disorder*,<br>associated<br>WAD, | disorder*,<br>neck<br>whiplash<br>disorder*, |

|          |   |   |   |
|----------|---|---|---|
|          |   |   | cervicobrachialgia,<br>cervical headache  |
| <b>I</b> | esercizi specifici per il controllo motorio |   | motor control, longus colli, longus capitis, stabilization exercise*, CCF, deep cervical flexor*, motor learning, muscle control, cervical stabilization, cervical retraction, craniocervical flexion, motor control training, muscle activity, movement pattern, motor function, neuromuscular control, motor performance, deep neck extensor*, deep cervical extensor*, coordination training, neck coordination exercise*, sensorimotor function |
| <b>C</b> | esercizi globali di rinforzo o aerobici     | Exercise, endurance training, resistance training, gymnastics | Yoga, thai chi, pilates swimming, running, qigong, usual care, standard care  |
| <b>O</b> | dolore e disabilità                         | Pain  | Disability, neck disability index   |

La stringa di ricerca è stata poi costruita unendo i termini di ogni dominio con l'operatore booleano OR ed unendo tra loro i vari domini con l'operatore booleano AND con il seguente risultato:

```
((((((("neck pain"[MeSH Terms]) OR ("cervical disorder*")) OR ("mechanical neck disorder*")) OR ("whiplash associated disorder*")) OR ("WAD")) OR (cervicobrachialgia)) OR ("cervical headache")) AND (((((((((((((((("longus colli") OR ("longus capitis")) OR ("stabilization exercise*")) OR (CCF)) OR ("deep cervical flexor*")) OR ("motor learning")) OR ("muscle control")) OR ("cervical stabilization")) OR ("cervical retraction")) OR ("craniocervical flexion")) OR ("motor control training")) OR ("muscle activity")) OR ("movement pattern")) OR ("motor function")) OR ("neuromuscular control")) OR ("motor performance")) OR ("deep neck extensor*")) OR ("deep cervical extensor*")) OR ("coordination training")) OR ("neck coordination exercise*")) OR ("sensorimotor function"))) AND (((((((("exercise"[MeSH Terms]) OR ("endurance training"[MeSH Terms])) OR ("resistance training"[MeSH Terms])) OR ("gymnastics"[MeSH Terms])) OR (yoga)) OR ("thai chi")) OR (pilates)) OR (swimming)) OR (running)) OR (quigong)) OR ("usual care")) OR ("standard care"))) AND (((("pain"[MeSH Terms]) OR (disability)) OR ("neck disability index"))).
```

## 2.4 Processo di selezione degli studi

Il processo di selezione degli studi emersi dalla ricerca delle tre banche dati, è avvenuto secondo il seguente schema:

1. Rimozione dei duplicati: eseguita manualmente
2. Esclusione degli articoli, in base ai criteri di inclusione ed esclusione, dopo lettura del titolo
3. Lettura ed analisi degli abstract dei rimanenti articoli
4. Esclusione degli articoli, in base ai criteri di inclusione ed esclusione, dopo lettura dell'abstract
5. Lettura ed analisi del full text dei rimanenti articoli
6. Esclusione degli articoli, in base ai criteri di inclusione ed esclusione, dopo lettura del full text

## 3 Risultati

### 3.1 Selezione degli studi e flow chart

Dalla ricerca nelle banche dati sono emersi 91 articoli (Pubmed 14, Cochrane 39, Pedro 38) ai quali sono stati aggiunti 2 articoli reperiti dai suggerimenti di Pubmed. Dopo la rimozione manuale dei duplicati (15 articoli), sono stati letti ed analizzati 79 articoli per titolo ed abstract dei quali 22 sono stati esclusi perché non RCT e 28 perché non inerenti ai criteri di inclusione rispetto al trattamento di intervento. Pertanto, 29 articoli sono stati eletti alla lettura del full text: 1 di questi non era RCT, 1 analizzava un trattamento preventivo, 9 non rispettavano i criteri di inclusione rispetto al trattamento di intervento. Infine, 18 articoli sono stati inclusi nella sintesi qualitativa.

Al termine del processo di selezione, sono stati inclusi 18 articoli, conformi ai criteri di inclusione ed esclusione precedentemente citati:

1. Chao Ma et al. (2011) *“Comparing biofeedback with active exercise and passive treatment for the management of work-related neck and shoulder pain: a randomized controlled trial.”*<sup>12</sup>
2. John Vikne et al. (2007) *“Randomized study of new sling exercise treatment vs traditional physiotherapy for patients with chronic whiplash-associated disorders with unsettled compensation claims.”*<sup>13</sup>
3. So et al. (2019) *“Effects of ergomotor intervention on improving occupational health in workers with work-related neck-shoulder pain”*<sup>14</sup>
4. Izquierdo et al. (2016) *“Comparison of cranio-cervical flexion training versus cervical proprioception training in patients with chronic neck pain: a randomized controlled clinical trial.”*<sup>15</sup>
5. Jull et al. (2009) *“The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain”*<sup>16</sup>
6. Suvarnato et al. (2019) *“Effect of specific deep cervical muscle exercises on functional disability, pain intensity, craniovertebral angle, and neck-muscle strength in chronic mechanical neck pain: a randomized controlled trial”*<sup>17</sup>
7. Kim et al. (2016) *“Clinical effects of deep cervical flexor muscle activation in patients with chronic neck pain”*<sup>18</sup>
8. Gupta et al. (2013) *“Effect of deep cervical flexor training vs. conventional isometric training on forward head posture, pain, neck disability index in dentists suffering from chronic neck pain”*<sup>19</sup>
9. Nezamuddin et al. (2013) *“Efficacy of pressure-biofeedback guided deep cervical flexor training on neck pain and muscle performance in visual display terminal operators”*<sup>20</sup>

10. Tsang et al. (2019) *“Comparing the effectiveness of integrating ergonomics and motor control to conventional treatment for pain and functional recovery of work-related neck–shoulder pain: A randomized trial”*<sup>21</sup>
11. Rudolfsson et al. (2014) *“Effects of neck coordination exercise on sensorimotor function in chronic neck pain: a randomized controlled trial”*<sup>22</sup>
12. Javanshir et al. (2015) *“The effect of different exercise programs on cervical flexor muscles dimensions in patients with chronic neck pain”*<sup>23</sup>
13. Beer et al. (2011) *“Can a functional postural exercise improve performance in the cranio-cervical flexion test? A preliminary study.”*<sup>24</sup>
14. Dusunceli et al. (2009) *“Efficacy of neck stabilization exercises for neck pain: a randomized controlled study”*<sup>25</sup>
15. Falla et al. (2013) *“Effectiveness of an 8-week exercise programme on pain and specificity of neck muscle activity in patients with chronic neck pain: a randomized controlled study”*<sup>26</sup>
16. Ask et al. (2009) *“The effect of two exercise regimes; motor control versus endurance/strength training for patients with whiplash associated disorders: a randomized controlled pilot study.”*<sup>27</sup>
17. Falla et al. (2006) *“An endurance-strength training regime is effective in reducing myoelectric manifestations of cervical flexor muscle fatigue in females with chronic neck pain”*<sup>28</sup>
18. Cuesta-Vargas et al. (2015) *“The optimal frequency of aquatic physiotherapy for individuals with chronic musculoskeletal pain: a randomised controlled trial”*<sup>29</sup>

Di seguito, nella flow chart (Figura 4 – eseguita con il supporto del software Review Manager 5.4), sono esposti tutti i passaggi del processo di selezione.

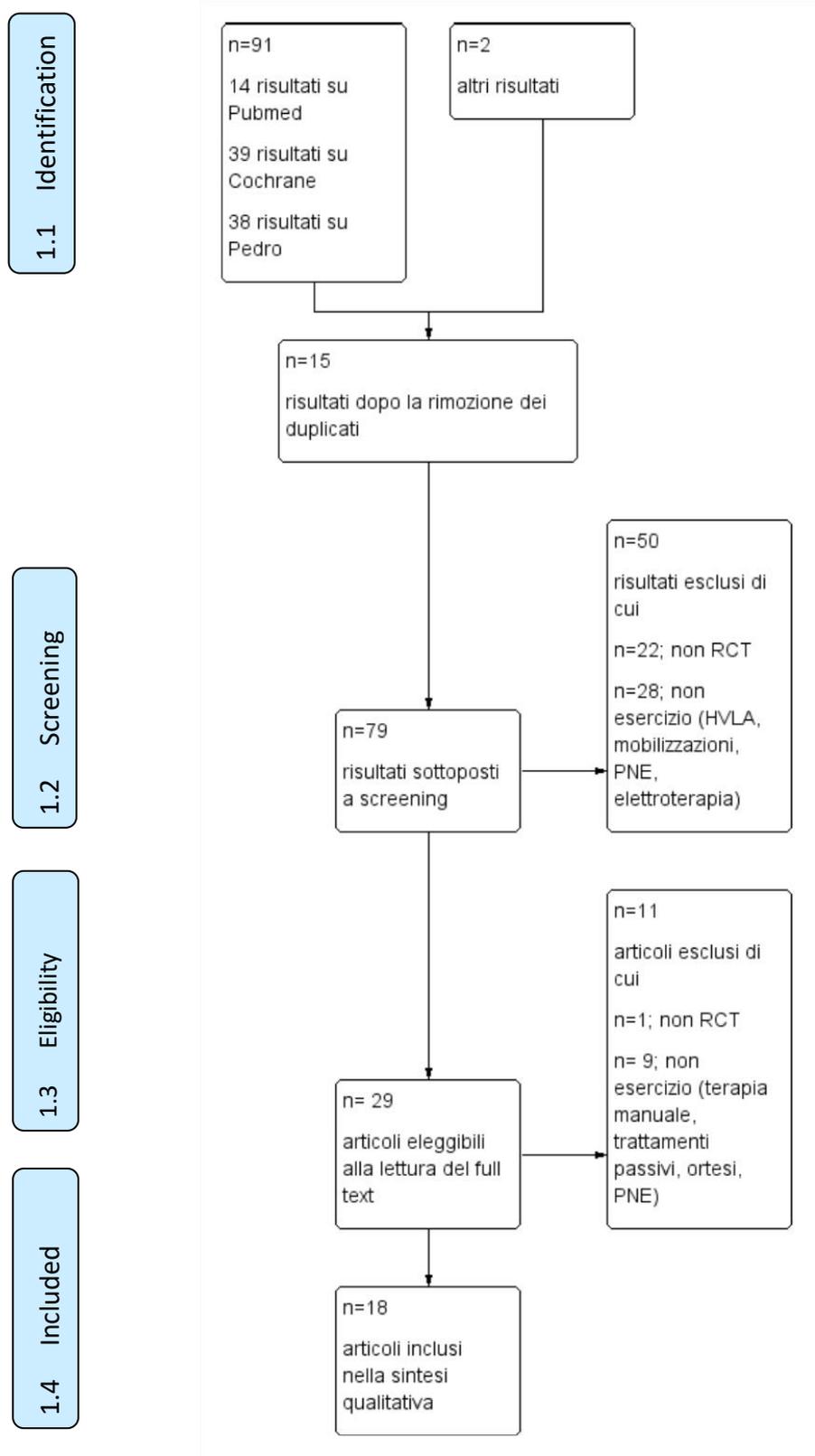


Figura 4: Flow chart del processo di selezione degli studi

### 3.2 Valutazione critica degli studi inclusi

Per la valutazione metodologica degli RCTs inclusi, è stata utilizzata la scala “Risk of Bias 2.0” (RoB) della Cochrane. Questo strumento è stato prodotto nel 2008, ed aggiornato nel 2019, per valutare il risk of bias negli studi clinici randomizzati. Lo strumento si basa su 7 domini:

- Random sequence generation (selection bias)
- Allocation concealment (allocation bias)
- Blinding (participants and personnel) (performance bias)
- Blinding (outcome assessment) (detection bias)
- Incomplete outcome data (attrition bias)
- Selective reporting (reporting bias)
- Other bias

Per ogni dominio di bias, lo strumento sollecita il valutatore ad attribuire un giudizio di “high” (alto), “low” (basso) o “unclear” (poco chiaro) rischio di bias e di documentare la scelta con un supporto (ad esempio citazioni testuali prese dall’articolo stesso). Il giudizio è stato fornito in accordo con i criteri stabiliti dalle tabelle guida dello strumento così come sono stati stilati da Cochrane. Tutti i domini sono stati valutati per ciascun articolo facendo corrispondere un colore a ciascun giudizio: verde per il basso rischio, rosso per l’alto rischio e giallo per il rischio incerto. Al termine della valutazione di tutti i domini ad ogni articolo è stato assegnato un giudizio complessivo secondo il seguente criterio:

- Low risk – basso rischio (verde): lo studio è valutato come a basso rischio in tutti i domini
- Some concerns – rischio incerto (giallo): lo studio ha rischio incerto in almeno un dominio ma nessun dominio è ad alto rischio
- High risk – alto rischio (rosso): lo studio ha rischio alto in almeno un dominio o rischio incerto in multipli domini

Soprattutto a causa della mancanza di informazioni all’interno degli articoli i giudizi complessivi sono stati i seguenti: 12 articoli sono stati classificati come ad alto rischio, 5 incerto rischio e 1 basso rischio di bias.

Dopo l’analisi critica degli studi, i dati sono stati inseriti nel software Review Manager 5.4 per ottenere i grafici relativi al risk of bias presenti di seguito in Figura 5 e 6.

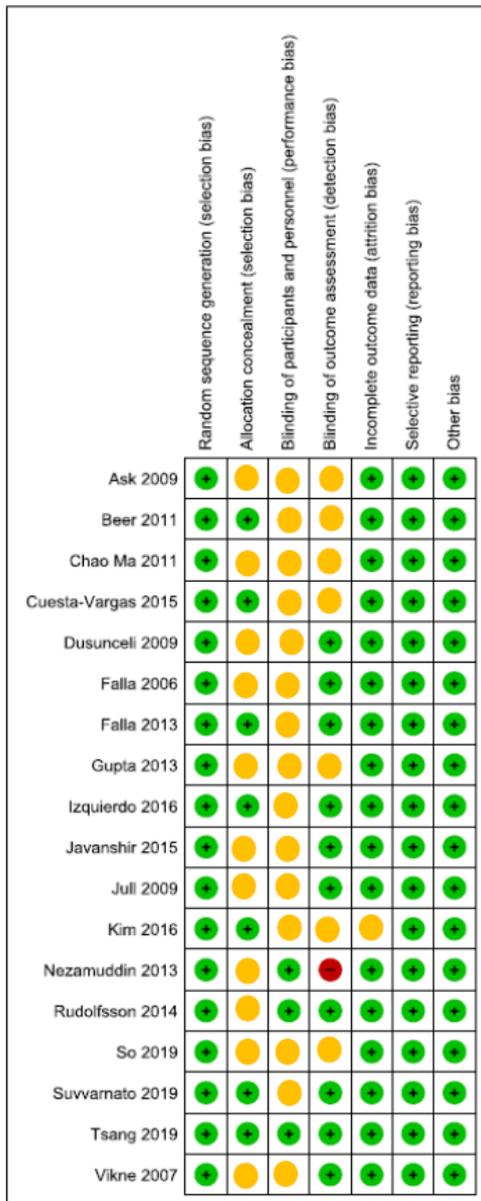


Figura 5: Risk of Bias – Sommario

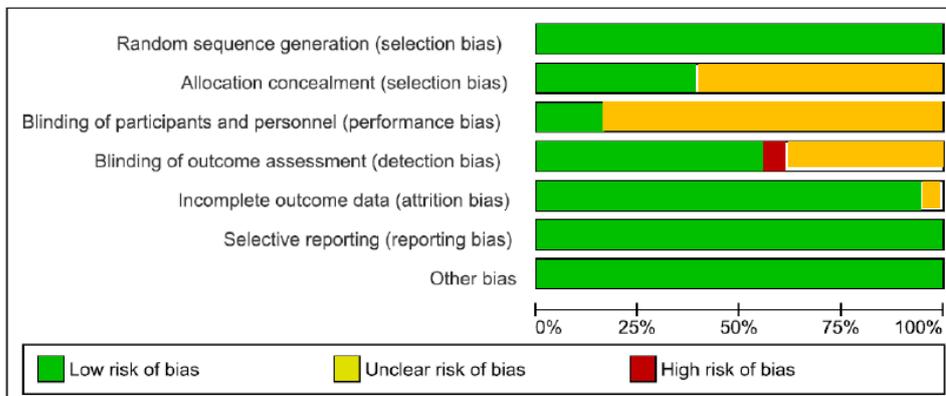


Figura 6: Risk of Bias – Grafico

### 3.3 Sintesi degli studi inclusi e tabelle sinottiche

Gli RCT inclusi sono riassunti nella seguente tabella sinottica. All'interno della tabella, per ogni singolo studio, sono indicati:

- Autore e anno di pubblicazione
- Numerosità del campione coinvolto (n) e caratteristiche principali
- Tipo di trattamento di intervento
- Durata complessiva dello studio e posologia delle sedute
- Tipo di trattamento di controllo
- Outcome (primari e secondari) che lo studio si propone di analizzare
- Sintesi dei risultati

| Studio                                  | Popolazione   | Intervento   | Dose e durata dell'intervento  | Controllo   | Outcome   | Risultati   |
|---|---|--|--|---|---|---|
| <b>Chao Ma et al. 2011<sup>12</sup></b> | Neck e shoulder pain work related (>3 mesi)<br><br>n=60 | 3 gruppi:<br><br>Biofeedback<br><br>n=15<br><br>Esercizio: stretching e rinforzo con Thera-band con focus su collo e spalle<br><br>n=15<br><br>Trattamento passivo: correnti interferenziali e impacchi caldi<br><br>n=15  | 6 settimane:<br><br>Utilizzo del biofeedback a lavoro per almeno due ore al giorno<br><br>20 minuti 4 volte/giorno<br><br>20 minuti interferenziali e 15 minuti 2 volte/settimana impacchi caldi | Opuscolo informativo sull'ergonomia in ufficio<br><br>n=15<br><br>/<br><br>/<br><br>/ | Baseline: Dolore (VAS), NDI, elettromiografia di superficie<br><br>A 6 mesi: dolore (VAS) e NDI   | Riduzione significativa di dolore e disabilità post intervento e a 6 mesi nel gruppo di biofeedback maggiore rispetto a tutti gli altri. Inoltre, riduzione attività EMG erettori spinali e trapezio superiore. |
| <b>Vikne et al. 2007<sup>13</sup></b>   | WAD grado I-II (incidente negli ultimi 6-12 mesi)       | 4 gruppi:<br><br>Fisioterapia tradizionale (TP): rinforzo e resistenza della muscolatura cervicale, addominale e della schiena a corpo libero o con attrezzi.<br><br>n=11<br><br>TP +: medesimo intervento TP ma con un home programme fino ad 1 anno con aggiustamento degli esercizi ogni mese<br><br>n=10<br><br>New sling exercise therapy (NSET): in aggiunta agli esercizi TP, eseguiti con un device di | 4 mesi<br><br>12 mesi<br><br>4 mesi  | /   | Dolore VAS, <i>Roland Morris disability questionnaire</i> (neck area), stress psicologico HSCL. ROM cervicale, resistenza muscolatura stabilizzatrice del collo, sensibilità cervicocefalica. | Nessun miglioramento significativo negli outcome e nessuna differenza tra i 4 gruppi per quasi tutti gli outcome. Lieve differenza a favore del gruppo TP solo per la resistenza della muscolatura cervicale.   |

|   |   |  |  |   |  |  |
|---|---|--|--|---|--|--|
|   |   | corde in sospensione al soffitto.  |  |   |  |  |
|   |   | n=12   |  |   |  |  |
|   |   | NSET +: medesimo intervento NSET ma con un home programme più lungo con aggiustamento degli esercizi ogni mese                     | 12 mesi  |   |  |  |
|   |   | n=10   |  |   |  |  |
| <b>So et al. 2019<sup>14</sup></b>        | Neck e shoulder pain work related WRNSP, NRS>2<br><br>n= 86 | - Consigli per la modifica delle posture di lavoro<br>- Biofeedback<br>- Esercizi di rieducazione al controllo motorio<br><br>n=44 | 3 mesi, 16 sessioni da 60 minuti   | - Terapia manuale, TENS, US<br>- Stretching per collo e spalle<br><br>n=42  | Post trattamento e follow up a 1 anno: dolore NRS e disabilità NDI, JRPD ( <i>Job related physical demands</i> ) e WS ( <i>work style</i> )                    | Miglioramento in entrambi i gruppi senza differenze tra loro in dolore e disabilità.<br>Nel gruppo di intervento migliore JRPD e WS  |
| <b>Izquierdo et al. 2016<sup>15</sup></b> | Neck pain (>3 mesi), NDI <15/50<br><br>n=28                 | CCF: protocollo di esercizi secondo Jull et al. con utilizzo di feedback stabilizer<br><br>n=14                                    | 2 mesi, 6 sessioni della durata di 45 minuti con supervisione e in aggiunta programma di esercizi domiciliari 2 volte al giorno (non più di 20 minuti) | Esercizi propriocettivi: protocollo di Ravel et al. ( <i>gaze stabilization</i> , coordinazione oculomotoria,...)<br><br>n=14 | Baseline, follow up a 1 e a 2 mesi: performance al CCFT, dolore VAS, disabilità NDI e PPT ( <i>Pressure Pain Threshold</i> )                                   | In entrambi i gruppi miglioramento di VAS e NDI già dalla prima sessione, si mantiene al follow up a 2 mesi. Gruppo propriocettivo miglioramento nel CCFT già ad 1 mese, mentre i due gruppi mostrano effetti simili a 2 mesi. |
| <b>Jull et al. 2009<sup>16</sup></b>      | Donne con neck pain (>3 mesi), NDI <15/50<br><br>n=46       | CCF training: secondo il protocollo di Jull et al. con utilizzo di feedback stabilizer<br><br>n=23                                 | 6 settimane<br>1 sessione a settimana della durata di 30 minuti e in aggiunta esercizi domiciliari 2 volte al giorno (10-20 minuti)                    | Training di rinforzo progressivo in posizione supina<br><br>n=23  | Ampiezza EMG muscolatura superficiale e profonda e tempo di <i>onset</i> durante il CCFT e in risposta a movimenti rapidi del braccio. Dolore NRS e disabilità | In entrambi i gruppi miglioramento di dolore e disabilità senza differenze tra loro.<br>Attività EMG modificata solo nel gruppo di intervento  |
| <b>Suvernato et al. 2019<sup>17</sup></b> | Neck pain (>3 mesi), NDI-TH >10/100<br><br>n=54             | 2 gruppi:<br><br>Training dei semispinali cervicali: secondo il protocollo di Schomacher   | 6 settimane<br><br>2 volte a settimana con assistenza del terapeuta  | Usual care: esercizi generici di stretching e rinforzo del quadrante superiore, terapia manuale, elettroterapia.              | Baseline, follow up ad 1 e 3 mesi:<br>Dolore NRS, disabilità NDI-TH, angolo CV, forza muscolatura cervicale  | Miglioramento della disabilità nei gruppi di intervento post trattamento e al follow up. Miglioramento del dolore nei gruppi di  |

|  |  |   |  |  |   |  |
|--|--|---|--|--|---|--|
|  |  | et al. con resistenza manuale a livello di C2   |  | 10-12 sedute della durata di 30 minuti.  |   | intervento post trattamento ma nessuna differenza al follow up tra tutti i gruppi.   |
|  |  | n=18  |  | n=18   |   |  |
|  |  | Training dei flessori cervicali profondi: secondo il protocollo di Jull et al. con utilizzo di feedback stabilizer              | 2 volte a settimana con assistenza del terapeuta e in aggiunta 2 volte al giorno a domicilio (senza biofeedback) |  |   |  |
|  |  | n=18  |  |  |   |  |
| <b>Kim et al. 2016<sup>18</sup></b>        | Neck pain (>3 mesi), NDI <15/100<br><br>n=28                         | Deep Cervical Flexor training: con utilizzo di biofeedback stabilizer   | 4 settimane<br><br>3 volte/settimana   | GSE: esercizi convenzionali generici secondo il protocollo di Axen et al. con utilizzo di bande elastiche e palla, stretching<br><br>10 sessioni<br><br>n=14 | Baseline e follow up a 4 e 8 settimane: dolore VAS e disabilità NDI | In entrambi i gruppi miglioramento di dolore e disabilità, differenza significativa tra i gruppi a 8 settimane a favore del gruppo di intervento.  |
| <b>Gupta et al. 2013<sup>19</sup></b>      | Neck pain popolazione di dentisti (>3 mesi), NDI <24/100<br><br>n=30 | Deep cervical flexor training   | 4 settimane  | Training convenzionale di rinforzo isometrico<br><br>n=15  | Dolore VAS, disabilità NDI, <i>Forward Head Posture</i> (FHP)       | Dolore e disabilità migliorano in entrambi i gruppi, FHP migliora significativamente solo nel gruppo di intervento.                                |
| <b>Nezamuddin et al. 2013<sup>20</sup></b> | Neck pain in operatori al terminale<br><br>n=50                      | Craniocervical flexion training secondo il protocollo di Jull et al. con utilizzo di feedback stabilizer                        | 6 settimane<br><br>5 sessioni a settimana  | Stretching muscolatura cervicale, rinforzo dei cervicali profondi, trapezio medio e inferiore, dentato anteriore.<br><br>n=25                                | Dolore VAS e performance al CCFT                                    | Differenza significativa per dolore e performance muscolare a favore del gruppo di intervento  |
| <b>Tsang et al. 2019<sup>21</sup></b>      | Neck e shoulder pain work related (WRNSP)                            | Gruppo ergomotorio:<br><br>- TENS e US<br><br>- Ergonomic training: correzione delle abitudini di lavoro e modifiche ambientali | 12 settimane<br><br>16 sessioni<br><br>1-4 settimane: 2 volte a settimana  | - TENS e US<br><br>- Terapia manuale (mobilizzazioni)<br><br>- Home general exercise soprattutto stretching  | Follow up a 3 mesi e a 1 anno:<br>Dolore NRS, disabilità NDI, DASH  | Miglioramento in entrambi i gruppi degli outcome NRS e NDI senza differenza tra i gruppi. Miglioramento DASH totale solo nel gruppo di intervento. |

|  |  |  |  |  |   |   |  |
|--|--|--|--|--|---|---|--|
|  |  | - Motor control training con biofeedback: EMG real time durante il lavoro  | 5-12 settimane: 1 volta a settimana  | n=50   |   |   |  |
|  |  | n=51   |  |  |   |   |  |
| <b>Rudolfsson et al. 2014<sup>22</sup></b> | Donne con neck pain (>3 mesi), DASH >9                                   | Neck Coordination Exercise (NCE): utilizzo di un nuovo device per il controllo motorio fine della colonna cervicale secondo il protocollo di Rojjezon et al. Il soggetto deve controllare il movimento di una pallina di metallo posta in un piatto sopra la testa.              | 11 settimane<br>22 sessioni della durata di 30 minuti  | 2 gruppi:<br><br>ST: rinforzo cervicale e delle spalle con esercizi isometrici e dinamici secondo il programma di Ylinen et al. (utilizzo di carrucola, manubri, panca)<br><br>n=28<br><br>Massaggio<br><br>n=29 | Post intervento e follow up a 6 mesi:<br><br>Outcome primari: Test sensorimotori ( <i>postural sway, precision of goal directed arm movement, fast axial cervical rotation</i> )<br><br>Outcome secondari: dolore, ROM e <i>peak speed</i> della rotazione cervicale veloce | Post intervento outcome primari a favore del gruppo di intervento ma differenza viene persa al follow up. A 6 mesi nessuna differenza negli outcome secondari tra NCE e massaggio.  |  |
| <b>Javanshir et al. 2015<sup>23</sup></b>  | Neck pain aspecifico (>3 mesi)   | CCF intervention: secondo il protocollo di O'Leary con utilizzo di feedback stabilizer   | 10 settimane<br>3 sessioni a settimana della durata di 30 minuti<br><br>Ed in aggiunta esercizi domiciliari 3 volte/giorno | CF intervention: flessioni cervicali in posizione supina a corpo libero o con un peso di 0.5 kg sulla fronte<br><br>n=30   | Dimensione muscolare (US), dolore NRS e disabilità NDI  | Aumento significativo dimensione <i>longus colli</i> nel gruppo di intervento, dimensioni SCOM aumentano nel gruppo di controllo. Dolore e disabilità migliorano similmente in entrambi i gruppi.   |  |
| <b>Beer et al. 2011<sup>24</sup></b>       | Neck pain con una performance scadente al CCFT (Jull et al.)<br><br>n=20 | <i>Postural exercise intervention</i> : soggetti apprendono la corretta postura in allungamento cervicale (attivazione <i>longus colli</i> ) e con le scapole in <i>downward rotation</i> .<br><br>Mantenere 10 secondi ogni 15-20 minuti durante qualsiasi attività quotidiana. | 2 settimane  | Nessun intervento specifico.   | Dolore VAS, disabilità NDI, <i>Patient Specific Functional Scale</i> (PSFS)   | Il gruppo di intervento performa meglio al CCFT e l'attività EMG dello SCOM è ridotta perciò si può dedurre che sia migliorata l'attivazione della muscolatura profonda. Non ci sono modifiche di dolore e disabilità in 2 settimane nel gruppo di intervento |  |

|   |   |  |  |   |   |   |
|---|---|--|--|---|---|---|
| <b>Dusunceli et al. 2009<sup>25</sup></b> | Neck pain aspecifico (>6 settimane)                             | 2 gruppi:<br><br>PTA+Neck stabilization exercise NSE: educazione sul mantenimento della posizione neutra durante tutti gli esercizi, warm up jogging, stretching, isometrie cervicali, rinforzo progressivo scapolari/spalla con utilizzo di Thera-band e manubri<br><br>n=19<br><br>PTA+ISE: warm up jogging, stretching, esercizi isometrici<br><br>n=19 | 3 settimane<br><br>3 volte a settimana con supervisione della durata di 1/1.25 ore, poi home programme sempre 3 volte/settimana<br><br>3 volte a settimana con supervisione della durata di 30 minuti, poi home programme sempre 3 volte/settimana | Physical Therapy Agents PTA: TENS, US e infrarossi<br><br>3 settimane, 5 sessioni a settimana<br><br>n=17   | Post intervento e follow up a 1,3, 6, 9 e 12 mesi<br>Dolore VAS, disabilità NDI, ROM cervicale attivo, depressione Beck Depression Scale (BDS)  | Effetti equiparabili nel dolore nel breve termine ma a 9 e 12 mesi solo nel gruppo PTA+NSE.<br>Maggior uso di paracetamolo nel gruppo PTA.<br>ROM, NDI e BDS a favore del gruppo PTA+NSE.           |
| <b>Falla et al. 2013<sup>26</sup></b>     | Donne con neck pain aspecifico (>12 mesi)                       | Training muscolatura profonda secondo il protocollo di Jull et al. con utilizzo di biofeedback stabilizer nel primo stage ( <i>low load</i> ) e a corpo libero nel secondo stage ( <i>high load</i> )<br><br>n=22  | 8 settimane<br><br>1 volta a settimana sessione della durata di 30 minuti  | Exercise programme dopo lezione di 1 ora. Nessuno in particolare, ma alcuni hanno fatto agopuntura, fisioterapia.<br><br>n=20   | Dolore VAS, disabilità NDI, qualità di vita SF-36, FABQ, misurazioni EMG di contrazioni attive submassimali della muscolatura target  | Miglioramento di dolore e disabilità nel gruppo di intervento, effetti simili sulla qualità della vita. Nessuna modifica alla FABQ.<br>Attivazione muscolare più specifica nel gruppo di intervento |
| <b>Ask et al.2009<sup>27</sup></b>        | Soggetti con WAD subacuto (> 6 settimane ma < 3 mesi), NDI > 10 | <i>Motor control training</i> : secondo il protocollo di Jull et al. con utilizzo di biofeedback stabilizer<br><br>n=11  | 6 settimane<br><br>6-10 sessioni della durata di 30 minuti<br><br>In aggiunta ad esercizi domiciliari giornalieri  | <i>Endurance e strenght training</i> secondo il protocollo di Ylinen et al. a corpo libero, con fasce elastiche e manubri rivolto al collo e all'upper body, stretching<br><br>n=14 | A 6 settimane e follow up ad 1 anno<br>Outcome primario: disabilità NDI<br><br>Outcome secondari: dolore VAS, <i>pain drawing</i> , flessibilità, tender points, resistenza isometrica, | NDI e dolore migliorati in entrambi i gruppi ma senza differenza significativa né a 6 settimane né a 1 anno   |

|   |   |  |   |  |   |                                     |   |
|---|---|--|---|--|---|-------------------------------------|---|
|   |   |  |   |  |   | self reported (PGIC, soddisfazione) |   |
| <b>Falla et al. 2006<sup>28</sup></b>         | Donne con neck pain (>3 mesi), NDI <15/50<br><br>n=58                         | Low load training dei flessori cervicali profondi: secondo il protocollo di Jull et al. con utilizzo di feedback stabilizer  | 6 settimane<br>1 sessione a settimana della durata di massimo 30 minuti<br><br>In aggiunta ad esercizi a domicilio 2 volte al giorno per 10/20 minuti | <i>Endurance e strenght training</i> dei flessori cervicali: in posizione supina a corpo libero o con un peso di 0.5 kg sulla fronte | Attività EMG della muscolatura superficiale e profonda. Dolore NRS, disabilità NDI  |                                     | Parametri elettromiografici di forza variati solo nel gruppo di controllo ma nonostante ciò miglioramento di dolore e disabilità in entrambi i gruppi senza differenze significative.                     |
| <b>Cuesta-Vargas et al. 2015<sup>29</sup></b> | Soggetti con Neck Pain o Low back Pain cronico (>12 settimane) o Osteoartrite | 2 sessioni di fisioterapia in acqua:<br><br>- 10 minuti di esercizi di mobilità<br><br>- 10 minuti di esercizi di controllo motorio<br><br>- 20 minuti di esercizi di rinforzo muscolare<br><br>- 20 minuti di esercizio aerobico in forma di "deep water running" | 2 o 3 sessioni della durata di almeno 60 minuti per 1 anno  | 3 sessioni di fisioterapia in acqua come descritte nel gruppo di intervento.<br><br>n=56   | Neck pain: NDI, VAS, SF12<br><br>Low back pain: Roland Morris, SF12, VAS<br><br>Osteoartrite: WOMAC, SF12, VAS<br><br>Follow up a 8 settimane, 6 mesi e ad 1 anno |                                     | Miglioramento negli outcome di entrambi i gruppi a tutti i follow up senza differenze significative eccetto per NDI ad 8 settimane dove il gruppo di intervento ha risultati significativamente migliori. |
|   |   |  | n=58  |  |   |                                     |   |

### 3.4 Analisi dei risultati

Dei 18 articoli inclusi nell'analisi qualitativa, 3 analizzano una popolazione di soggetti con Neck Pain Work Related (NPWR) proponendo interventi mirati al riequilibrio dell'attivazione muscolare sul posto di lavoro anche mediante strumenti di misura dell'attività EMG *real time*:

**Chao Ma et al.**<sup>12</sup> (2011): il trial proposto in questo articolo consiste nell'utilizzo di un macchinario portatile con elettrodi da posizionare sul trapezio superiore che i soggetti possono utilizzare per 2 ore durante il lavoro quotidiano al computer. Ogni volta che il soggetto supera il livello di attivazione muscolare preimpostato dallo sperimentatore viene avvertito da un segnale sonoro che lo invita a correggere l'attività muscolare superficiale deprimendo le scapole e mantenendo le spalle rilassate. Il programma di esercizi attivi (20 minuti, 4 volte al giorno) include il coinvolgimento di collo, spalle e zona lombare: movimenti attivi cervicali, stretching delle spalle, circonduzione delle spalle sostenendo un peso da 1 kg, movimenti attivi lombari (flessione ed estensione), esecuzione resistita del movimento di elevazione di spalla con *thera-band*. Il gruppo di trattamento passivo invece riceve 20 minuti di terapia interferenziale e 15 minuti di impacchi caldi nella zona cervicoscapolare per 2 volte a settimana. Un ultimo gruppo di controllo viene solo informato rispetto all'ergonomia da tenere in ufficio attraverso un booklet. Alla valutazione finale l'attività EMG degli erettori spinali e del trapezio superiore viene rivalutata durante 20 minuti di lavoro al computer. Sebbene tutti i gruppi di intervento dimostrino una variazione di attività EMG pre e post-intervento, nel gruppo con biofeedback questa differenza è significativamente maggiore. Ugualmente per VAS e NDI, differenze statisticamente significative (tutti  $p < 0.05$ ) tra pre e post-intervento eccetto per il confronto tra gruppo trattamento passivo e controllo (booklet informativo) per i quali non vi è differenza significativa. Le differenze di outcome si mantengono al follow up a 6 mesi.

**So et al.**<sup>14</sup>(2019): lo studio propone un protocollo di intervento di 12 settimane (16 sessioni da 60 minuti) sul posto di lavoro suggerendo ai soggetti soluzioni ergonomiche per minimizzare la presenza di fattori di rischio legati alle *working postures*. Inoltre, una volta a settimana i soggetti eseguono un training virtuale *real time* indossando elettrodi wireless sul trapezio superiore e simulando varie attività funzionali svolte con l'arto superiore, i partecipanti possono vedere su uno schermo l'attività muscolare e ricevere subito un feedback visivo. Una volta appreso il corretto funzionamento, viene dato ai soggetti un dispositivo portatile da utilizzare anche sul posto di lavoro e a casa, con il quale possono controllare la propria attività muscolare e, se necessario, sono invitati a correggerla eseguendo una retrazione della testa e una depressione delle scapole. Viene inoltre fornito un libretto di esercizi per la pratica a casa e a lavoro per rinforzare il corretto controllo motorio. A questo trattamento viene confrontato un programma di 12 settimane di fisioterapia convenzionale che include TENS ed ultrasuoni per il sollievo dei sintomi. I risultati rilevano che entrambi i gruppi sono migliorati rispetto a dolore e disabilità ma non vi sono differenze tra i gruppi; tali differenze

emergono invece nei questionari legati al lavoro come il *WS-Work Style* che indaga fattori psicosociali e il *JRPD-Job Related Physical Demand* che indaga lo sforzo percepito, nei quali la significatività è maggiore nel gruppo di intervento suggerendo che il training ergomotorio non solo possa avere effetto a livello fisico ma anche a livello psicosociale.

**Tsang et al.**<sup>21</sup>(2019): in questo studio si confronta un programma di educazione e consigli ergonomici ad un programma individualizzato di rieducazione al controllo motorio basato sulla valutazione posturale e sui dati dell'elettromiografia di superficie per correggere lo squilibrio muscolare durante il lavoro, con lo scopo di aumentare l'attività dei muscoli che alla valutazione sono risultati "inattivi" e rilassare i muscoli eccessivamente attivi. In particolare, il focus è mantenuto sulla corretta posizione di testa, collo e cingolo scapolare bilateralmente anche con l'utilizzo di *real-time biofeedback machine* (Pathway MR-20 Dual Channel EMG Biofeedback System, The Prometheus Group, USA). Per esempio, i lavoratori di ufficio sfruttano l'allenamento biofeedback durante la scrittura alla tastiera e tecnici di laboratorio quando simulano il lavoro al microscopio. Inoltre, al gruppo di intervento vengono insegnati specifici esercizi da eseguire a casa e ad alcuni partecipanti viene lasciato a casa il macchinario portatile. Il gruppo di controllo viene invece gestito con TENS ed ultrasuoni, mobilizzazioni passive, stretching del trapezio superiore ed elevatore della scapola (15 secondi per 3 ripetizioni da fare a casa). Le misure di outcome sono state la scala NPRS per il dolore, NDI per la disabilità e la scala DASH. Entrambi i gruppi mostrano una riduzione significativa post-intervento e al follow up di 1 anno degli outcome, il punteggio totale della scala DASH è stato l'unico risultato statisticamente significativo ( $p=0.048$ ) emerso dal confronto tra i gruppi a favore del gruppo di intervento.

Anche lo studio di **Beer et al.**<sup>24</sup> (2011), sebbene non analizzi popolazione di soggetti con NPWR ma soggetti con neck pain persistente e con una scarsa performance al CCFT, propone un intervento di apprendimento motorio, della durata di 2 settimane, con focus sul miglioramento del disequilibrio tra la muscolatura superficiale e profonda: il soggetto, seduto, è chiamato ad assumere una posizione lombopelvica neutra, allungare il rachide cervicale "sollevando la base del cranio dalla parte superiore del collo" (manovra che si è visto attivare molto il *longus colli*) e mantenere una corretta posizione scapolare in *downward rotation*. Viene chiesto ai soggetti di eseguire l'esercizio mantenendo la posizione per 10 secondi ogni 15-20 minuti in ogni attività quotidiana. Il gruppo di controllo non ha svolto nessun intervento particolare, ma i soggetti potevano continuare ad assumere le loro usuali terapie. Non sono emerse differenze significative tra i gruppi rispetto a NDI, VAS e PSFS ma l'attività EMG dello sternocleidomastoideo era significativamente ridotta nel gruppo di intervento al primo (22 mmHg,  $p=0.043$ ) e terzo livello (26 mmHg,  $p=0.003$ ) del CCF test mentre negli altri livelli il risultato era leggermente sotto il livello di significatività.

Due articoli analizzano una popolazione di soggetti con WAD:

**John Vikne et al.**<sup>13</sup> (2007): in questo studio su soggetti con WAD di grado I-II, viene proposto un training di controllo motorio di 4 mesi (NSET) mediante l'utilizzo di corde appese al soffitto: il paziente, sospeso in posizione supina con la testa appoggiata ad un cuscino ad aria, è invitato ad estendere il rachide cervicale superiore premendo l'occipite contro il cuscino ed in seguito a muovere gentilmente il proprio corpo utilizzando la muscolatura di collo e testa. A questa procedura può essere aggiunta anche la rotazione del rachide cervicale superiore. Il gruppo di controllo (TP) esegue per 4 mesi un training convenzionale basato sul rinforzo e l'endurance della muscolatura di collo, schiena e addome a corpo libero o con l'aiuto di attrezzi. A tutti i gruppi vengono forniti trattamenti passivi quando indicato. I gruppi NSET+ e TP+ proseguono il trattamento con un *home training* fino a 12 mesi. Non sono state trovate differenze significative tra i 4 gruppi riguardo al dolore ( $p=0.07-0.82$ ), disabilità misurata con la scala Roland Morris ( $p=0.32-0.75$ ), ROM cervicale ( $p=0.14-0.82$ ) e sensibilità kinestesica cervicocefalica. Rispetto ai test clinici di endurance della muscolatura cervicale una lieve differenza significativa è stata riscontrata nel gruppo TP ( $p=0.01$ ) rispetto a NSET, In ogni caso nessuna differenza rispetto ai gruppi con *home training*.

**Ask et al.**<sup>27</sup>(2009): in questo trial, per soggetti con WAD subacuto, viene presentato il training di controllo motorio secondo il protocollo di Jull et al. (esposto successivamente) per il ripristino dell'equilibrio della muscolatura cervicale superficiale e profonda in confronto ad un programma di rinforzo ad alto carico con lo scopo di reclutare sia la muscolatura superficiale che profonda. Nel gruppo di controllo flessori ed estensori cervicali vengono allenati alzando il capo dalla posizione supina o prona oppure utilizzando bande elastiche dalla posizione seduta, inoltre il rinforzo del quadrante superiore include *push ups* ed esercizi per le spalle con manubri eseguiti per 15-20 ripetizioni per set. Il training comincia con 5 minuti di esercizi *warm up* e finisce con 5 minuti di *stretching*. Un miglioramento significativo dell'NDI (5 punti) è stato ottenuto a 6 settimane dal 60% dei partecipanti nel gruppo di intervento e dal 64% nel gruppo di controllo, mentre dopo un anno rispettivamente dal 50% e dal 45%, in ogni caso non vi è differenza significativa tra i gruppi. Rispetto al dolore un miglioramento significativo (almeno 30%) è stato ottenuto a 6 settimane dal 70% dei partecipanti nel gruppo di controllo motorio rispetto al 45% nel gruppo di controllo, mentre dopo un anno rispettivamente dal 30% e dal 64%, anche in questo caso non vi è differenza tra i gruppi.

Otto articoli, invece, analizzano popolazioni di soggetti con Neck Pain cronico (>3 mesi) per i quali l'intervento è simile e basato sul rinforzo della muscolatura profonda secondo il protocollo di Jull et al. mediante l'utilizzo di *pressure biofeedback stabilizer*: viene chiesto al soggetto di eseguire una flessione craniocervicale (CCF) minimizzando l'attivazione della muscolatura superficiale (sternocleidomastoideo e scaleno anteriore). Per eseguire il task il soggetto giace supino e mantiene testa e collo in posizione neutra, attraverso un *feedback* visivo collegato ad un cuscinetto gonfiabile ad aria posto sotto all'occipite, viene chiesto di raggiungere sequenzialmente 5 pressioni target

partendo da 20 mmHg e salendo ogni volta di 2 mmHg fino ad arrivare a 30 mmHg. Il fisioterapista identifica il livello target che il soggetto è in grado di mantenere per 5 secondi senza insorgenza di compensi e durante il training vengono richieste 10 contrazioni della durata di 10 secondi con un periodo di riposo di 3-5 secondi tra una e l'altra. Una volta che questo obiettivo è stato raggiunto per un livello target si passa al livello successivo fino ad arrivare a 10 ripetizioni di 10 secondi a 30 mmHg.

Lo studio di **Jull et al.**<sup>16</sup> (2009) confronta, su una popolazione di sole donne, il protocollo di CCF ad un programma di rinforzo in posizione supina: viene chiesto al soggetto di sollevare il capo per il ROM consentito senza riprodurre i sintomi prima a corpo libero e poi con pesi progressivi di 0.5 kg da sostenere sulla fronte in modo da eseguire 3 set da 10 ripetizioni di cui la prima serie al 50% RM (repetition maximum), la seconda al 75% e la terza al 100%. L'analisi post hoc rispetto all'outcome primario, attività EMG della muscolatura profonda durante il CCF test misurata direttamente tramite un catetere a suzione introdotto in gola e la latenza dell'onset della muscolatura cervicale superficiale misurata con elettrodi di superficie durante movimenti rapidi del braccio, ha dimostrato un cambiamento significativo dell'attività muscolare solo nel gruppo CCF ( $p < 0.0001$ ). Per quanto riguarda i questionari autosomministrati entrambi i gruppi hanno dimostrato una riduzione significativa dell'intensità del dolore NRS e un miglioramento al punteggio della scala NDI per la disabilità (entrambi  $p < 0.05$ ), così come simile tra i gruppi è risultato il beneficio percepito dal trattamento.

**Suvarnato et al.**<sup>17</sup> (2019): il trial propone un protocollo di esercizio basato sulla misura dell'attività elettromiografica intramuscolare dei semispinali e dello splenio del capo in risposta all'applicazione di una resistenza statica manuale all'arco posteriore di C2: viene chiesto al paziente in posizione seduta su uno sgabello di spingere indietro resistendo ad una forza progressivamente crescente impressa dal ricercatore con pollice ed indice sul punto di applicazione. L'esercizio prevede 3 serie al giorno composte da 10 ripetizioni della durata di 10 secondi, 2 volte a settimana durante tutto il periodo di sperimentazione (6 settimane). Questo protocollo viene confrontato con quello di Jull et al. (CCF) e con in terzo gruppo di controllo che esegue *usual care* con esercizi generici incluso stretching, rinforzo del quadrante superiore, terapia manuale, elettroterapia. L'outcome primario è l'NDI-TH (forma abbreviata tradotta in lingua Thai) che migliora in modo significativamente maggiore nei due gruppi di intervento sia a 6 settimane che a 1 e 3 mesi (tutti  $p < 0.01$ ). Rispetto al dolore NPS-*Neck Pain Scores*, i gruppi di intervento migliorano più del gruppo di controllo a 6 settimane ( $p < 0.001$ ) ma non a 1 e 3 mesi. Il CV *angle* misurato con camera digitale (angolo di intersezione tra una linea congiungente il trago al processo spinoso di C7 e una linea orizzontale passante per C7, misura oggettiva di *Forward Head Posture*), migliora nel gruppo CCF in modo significativo rispetto al gruppo di controllo sia a 6 settimane ( $p = 0.002$ ), che ad 1 mese ( $p = 0.006$ ) e a 3 mesi ( $p = 0.009$ ); mentre il gruppo semispinale cervicale migliora rispetto al gruppo di controllo solo dopo 6 settimane

( $p=0.008$ ) e ad 1 mese ( $p=0.01$ ). La forza della muscolatura estensoria del collo migliora significativamente nel gruppo semispinale cervicale rispetto al gruppo di controllo a tutti i follow up (tutti  $p<0.05$ ) e rispetto al gruppo CCF solo a 6 settimane ( $p=0.02$ ) e a 3 mesi ( $p=0.01$ ); non c'è invece differenza tra il gruppo CCF e il gruppo di controllo ( $p>0.05$ ). Rispetto invece alla forza della muscolatura flessoria il gruppo CCF migliora significativamente rispetto a quello di controllo a tutti i follow up ( $p<0.01$ ), mentre rispetto al gruppo semispinale cervicale migliora solo ad 1 mese ( $p=0.03$ ) ma non agli altri follow up; non c'è invece differenza tra il gruppo semispinale cervicale e il gruppo di controllo ( $p>0.05$ ).

**Kim et al.**<sup>18</sup>(2016): lo studio confronta un training dei flessori profondi (DCF training) e un training di esercizio (GSE training) della muscolatura del collo secondo il protocollo di Axen et al. con l'utilizzo di thera-band e di una palla. Nelle prime 2 settimane viene proposto un allenamento isometrico e stretching in 5 diverse posture, mentre nelle 4 settimane successive un allenamento isotonic progressivo graduale e stretching. Il punteggio NDI migliora significativamente nel gruppo DCF a 4 e 8 settimane ( $p<0.05$ ) mentre nel gruppo GSE il miglioramento si vede a 4 settimane ( $p<0.05$ ) ma non a 8 settimane rispetto alla baseline; differenza tra i gruppi significativa solo a 8 settimane a favore del gruppo di intervento ( $p<0.05$ ). Per quanto riguarda il dolore il gruppo DCF migliora a 4 e 8 settimane mentre nel gruppo GSE il punteggio non diminuisce significativamente a nessuno dei follow up; il confronto tra gruppi non ha evidenziato differenze a 4 settimane ma solo a 8 settimane ( $p<0.05$ ).

Anche lo studio di **Gupta et al.**<sup>19</sup> (2013) confronta, in una popolazione di soli dentisti, un Deep Cervical Flexor training (DCF) dei flessori profondi ad un programma convenzionale di rinforzo isometrico. Dolore e disabilità migliorano in entrambi i gruppi mentre FHP-*Forward Head Posture* migliora significativamente solo nel gruppo di intervento ( $p=0.049$ ).

**Nezamuddin et al.**<sup>20</sup> (2013): in questo studio viene confrontato il training di rinforzo della muscolatura flessoria profonda secondo il protocollo di Jull et al. ad un programma convenzionale di stretching del trapezio, elevatore della scapola, suboccipitali, pettorale e rinforzo della muscolatura chiave che solitamente risulta debole nelle *upper crossed syndrome*: cervicale flessoria profonda, trapezio medio ed inferiore e dentato anteriore; il rinforzo prevede 10 ripetizioni della durata di 10 secondi. La performance muscolare al CCFT migliora significativamente nel gruppo di intervento ( $p=0.010$ ), così come il dolore diminuisce maggiormente rispetto al gruppo di controllo ( $p=0.004$ ).

Lo studio di **Javanshir et al.**<sup>23</sup>(2015) propone un training dei flessori profondi (CCF) con *feedback stabilizer* secondo il protocollo di O'Leary et al. il quale è assimilabile al protocollo già esposto di Jull et al., ad un training dei flessori cervicali (CF) in posizione supina chiedendo al paziente di sollevare il capo dal lettino per l'intero ROM consentito eseguendo 3 serie da 15 ripetizioni prima a 12 RM (repetition maximum) e successivamente a 15 RM, il tutto 3 volte al giorno. Se l'esercizio può essere eseguito facilmente viene progressivamente aumentato il peso di 0.5 kg mediante sacchetti di sabbia

appoggiati sulla fronte. Contrariamente, se il task è troppo difficile il soggetto viene avvantaggiato mediante l'inclinazione del lettino. Il gruppo CCF dimostra un aumento significativo della dimensione del longus colli ( $p < 0.001$ ) mentre il gruppo CF dimostra un aumento dello sternocleidomastoideo ( $p < 0.001$ ). Per quanto riguarda il dolore ( $p = 0.308$ ) e la disabilità ( $p = 0.164$ ) non vi sono differenze significative tra i gruppi in quanto diminuiscono in modo simile in entrambi.

L'intervento appena esposto è assimilabile a quello proposto da **Falla et al.**<sup>28</sup> (2006) dove però si è deciso di misurare anche la MVC forze di flessione cervicale e la fatica muscolare di SCOM e scaleno anteriore dimostrando una differenza significativa ( $p < 0.05$ ) a favore del gruppo di rinforzo; nonostante questo, entrambi i gruppi dimostrano un miglioramento nel dolore NRS e disabilità NDI senza differenze significative tra i gruppi ( $p > 0.05$ ).

**Falla et al.**<sup>26</sup> (2013): lo studio propone nuovamente una prima sessione di intervento secondo il protocollo di Jull et al. con *feedback stabilizer* e una seconda sessione con carico maggiore a corpo libero di rinforzo della muscolatura flessoria ed estensoria dalla posizione supina e prona. Il gruppo di controllo non riceve intervento specifico. Nel gruppo di intervento si è visto un miglioramento significativo del punteggio NDI ( $p < 0.01$ ), PSFS ( $p < 0.001$ ) e VAS ( $p < 0.05$ ). Entrambi i gruppi migliorano il punteggio nella SF-36 mentre il punteggio della FABQ non cambia in nessuno dei due gruppi. Per quanto riguarda la misura dell'attività EMG il gruppo di intervento dimostra un'attivazione muscolare più definita ( $p < 0.05$ ).

Un articolo propone come training alternativo per il controllo motorio la riabilitazione oculomotoria:

**Izquierdo et al.**<sup>15</sup>(2016): in questo studio viene confrontato il CCF training secondo il protocollo di Jull et al. e un training propriocettivo secondo il protocollo di Ravel et al. che prevede esercizi di *head relocation, eye-follow, gaze stability* ed *eye-head coordination* seguendo una progressione per fasi in cui viene progressivamente aumentata la velocità e il ROM in stazione eretta. La performance al CCFT, utilizzata come misura di outcome principale, ha mostrato un miglioramento significativo ( $p < 0.01$ ) sia nel gruppo di intervento che di controllo. Per quanto riguarda dolore e disabilità entrambi i gruppi migliorano post-intervento ( $p < 0.05$ ), e a 2 mesi dall'inizio del trattamento entrambi i gruppi riportano un miglioramento molto significativo del punteggio NDI ( $p < 0.001$ ), VAS attuale ( $p < 0.001$ ), VAS massima ( $p < 0.001$ ) rispetto alla baseline. Entrambi i gruppi aumento del PPT dopo 2 mesi nello scaleno anteriore destro e solo nel gruppo propriocettivo aumento nel trapezio superiore, splenio ed elevatore della scapola destri ( $p < 0.05$ ).

Un articolo propone l'utilizzo di un nuovo device per l'allenamento del controllo motorio:

**Rudolfsson et al.**<sup>22</sup> (2014): questo trial propone un training di coordinazione con un nuovo device secondo quanto descritto da Roijezon et al. (NCE): il soggetto indossa, fissandolo con degli straps attorno al mento, il device composto da un piatto con 5 superfici intercambiabili con attrito progressivamente decrescente in modo da aumentare la difficoltà del task. L'esercizio, eseguito da

seduto, consiste nel controllare il movimento di una palla di metallo (220 g) sul piatto in modo da farla rotolare dal punto di partenza (ogni volta diverso indicato da un piccolo diodo luminoso) fino al centro del piatto e tenerla in posizione per 3 secondi; un feedback visivo viene fornito mediante uno specchio posto sopra al piatto. La prova viene cancellata se il compito non viene portato a termine entro 45 secondi, una sessione di allenamento comprende 3 blocchi da 6 trial ciascuno, se il soggetto è in grado di eseguire 5 trial su 6 si passa al livello più difficile; il training è composto da almeno 8 sessioni in un programma progressivo di 12 livelli con crescente posologia, variabilità e difficoltà. Il programma ST di rinforzo ha come target il collo e le spalle e consiste in 6 esercizi isometrici e dinamici preceduti da 2 minuti di *warm up* con movimenti lenti di collo e spalle e seguiti da 2 minuti di *cool down*. L'attrezzatura è composta da una bardatura collegata a una carrucola e una panca da allenamento con supporto per la schiena regolabile. Dei tre esercizi isometrici (contrazioni mantenute per 3 secondi) due sono eseguiti da seduti mantenendo il collo fisso in relazione al tronco che si muove lentamente in avanti o di lato, mentre il terzo esercizio è svolto in posizione supina con piccole rotazioni della testa. I tre esercizi dinamici hanno invece lo scopo di allenare i muscoli di spalle e braccia mentre il collo stabilizza: *shoulder press* con manubri, *standing chest press* e *seated row* con la schiena dritta. La posologia degli esercizi isometrici è di 15 ripetizioni per 1 serie, mentre per i dinamici 2 serie. Il carico è stato progressivamente aumentato in relazione alla percentuale di RPE (*Borg Rating of Perceived Exertion*). Gli autori dello studio hanno scelto come outcome primari test sensorimotori (*postural sway*, *precision of goal directed arm movement*, *fast axial cervical rotation*) e come outcome secondari dolore, ROM e *peak speed* della rotazione cervicale veloce. Alla valutazione a breve termine si è visto un effetto significativo del trattamento NCE sugli outcome primari ( $p=0.03$ ) ma tale effetto viene perso al follow up ai 6 mesi ( $p=0.42$ ). Anche rispetto agli outcome secondari al follow up di 6 mesi non vi sono differenze significative tra il gruppo NCE di intervento e gli altri gruppi ( $p=0.36$ ).

Due articoli associano programmi di intervento multimodali, orientati all'intero organismo anche con esercizio aerobico o in acqua:

Lo studio di **Dusunceli et al.**<sup>25</sup> (2009) pone a confronto 3 gruppi: PTA (TENS e infrarossi), PTA+ISE, PTA+NSE. Al gruppo NSE viene proposto un trattamento composito di stabilizzazione cervicale della durata di circa 1 ora che comprende educazione allo specchio della posizione neutra lombo-cervico-toracica in posizione seduta, 5-6 minuti di jogging, 10 minuti di stretching cervicale, spalle, petto e muscoli scapolari, isometrie in posizione supina, seduta o contro gravità con il capo fuori dal lettino per 10-15 ripetizioni per altrettanti secondi secondo un programma progressivamente crescente, allenamento del quadrante superiore mediante *arm raises* uni o bilaterali prima a corpo libero e in seguito con utilizzo di *thera-band* a resistenza progressivamente crescente o con manubri di 1 o 2 kg (*shoulder press*, *arm raises* frontali e laterali, *hammer curls*). Il gruppo di controllo ISE invece esegue un trattamento di 30 minuti composto da 5-6 minuti di jogging, 10 di stretching cervicale,

spalle, petto e scapole e 15 minuti di esercizi isometrici con resistenza manuale applicata alla fronte. Entrambi i gruppi dopo 3 settimane di sessioni proseguono con un programma domiciliare di stretching e stabilizzazione isometrica. Nei primi 6 mesi il punteggio VAS diminuisce in tutti i gruppi ( $p < 0.05$ ) ma a 9 e 12 mesi solo il gruppo di intervento PTA+NSE mostra una differenza significativa rispetto agli altri gruppi ( $p < 0.05$ ). Anche per NDI e BDS (*Beck Depression Scale*) vi è una differenza a favore del gruppo di intervento ( $p < 0.05$ ). Nel gruppo di controllo PTA vi è inoltre un uso maggiore di Paracetamolo ( $p < 0.05$ ).

Il trial di **Cuesta-Vargas et al.**<sup>29</sup> (2015) propone invece un intervento multimodale costituito da 10 minuti di esercizi di mobilità, 10 minuti di training del controllo motorio, 20 minuti di esercizi di rinforzo ed endurance e 20 minuti di esercizio aerobico in forma di *deep water running* al 55-85% del *heart rate* massimale calcolata in base all'età del soggetto. Il confronto tra i due gruppi viene effettuato in base al numero di sessioni, ciascuna della durata di un'ora, effettuate durante la settimana (2 o 3 sessioni a settimana), il programma continua per 1 anno. Nei pazienti con chronic neck pain, entrambi i gruppi migliorano gli outcome (NDI, SF-12, Euro Qol, VAS) senza differenze significative eccetto per il punteggio NDI misurato a 8 settimane che risulta a favore del gruppo che svolgeva 2 sessioni a settimana.

## 4 Discussione

### 4.1 Discussione dei risultati

L'obiettivo della revisione condotta è stato quello di indagare l'efficacia di un intervento generale di rinforzo, aerobico o in acqua per soggetti con neck pain ed alterazione del controllo motorio rispetto ad un training basato specificatamente sul controllo motorio. La revisione ha individuato 18 RCTs conformi ai criteri di inclusione ed esclusione stabiliti, di qualità eterogenea. Dal punto di vista metodologico, i bias a cui risultano essere maggiormente esposti gli studi riguardano il *blinding* (*performance* e *detection bias*) e il *selection bias* (gran parte degli studi non presentavano informazioni in merito alla modalità di selezione dei soggetti). Questi risultati possono essere ricondotti alla grande difficoltà in ambito fisioterapico di condurre degli RCT con il cieco del clinico che esegue i trattamenti. Sarebbe sempre auspicabile invece il cieco dei soggetti, anche perchè gli outcome di nostro interesse, dolore e disabilità, si basano su questionari *self reported* (VAS, NRS, NDI) che pertanto sono suscettibili al rischio di bias nel caso in cui non vi sia il cieco del soggetto.

Per quanto riguarda il processo di randomizzazione, il rischio è risultato basso per tutti gli studi, indicando che i gruppi di intervento e di controllo non presentavano differenze significative alla baseline.

Innanzitutto riguardo ai risultati emersi dalla ricerca, è doveroso precisare che, sebbene la letteratura in merito allo studio delle alterazioni del controllo motorio sia vasta e sempre di più si affermi la sua importanza nei soggetti con neck pain, dal punto di vista del trattamento le evidenze sono ad oggi scarse e confuse. La grande maggioranza degli articoli in letteratura confronta trattamenti multimodali e spesso anche o totalmente passivi, mentre per quanto riguarda i diversi tipi di esercizio non ci sono ancora evidenze definitive. La gran parte degli studi sul controllo motorio si basa sulla valutazione effettuata al *Cranio Cervical Flexion Test* (CCFT) e propone proprio questo test anche come modalità di intervento secondo il protocollo di Jull et al.<sup>16</sup> con l'utilizzo di feedback stabilizer in quanto questo risulta essere un metodo piuttosto semplice ed economico per il training della muscolatura flessoria profonda. L'esercizio di rinforzo è quasi nella totalità degli articoli focalizzato sulla muscolatura cervicale o del quadrante superiore mentre sono davvero pochi gli studi che propongono un intervento globale rivolto all'intero organismo, aerobico o in acqua ed oltretutto vengono proposti solo all'interno di un programma multimodale dove quindi diviene complesso stabilire quale sia il trattamento efficace per il raggiungimento degli outcome.

Entrando nello specifico dei risultati emersi dalla presente revisione possiamo affermare che in 12 articoli su 18 vi è un miglioramento significativo degli outcome di interesse, dolore e disabilità, a prescindere dal trattamento effettuato e non si riscontrano quindi differenze significative tra i

gruppi.<sup>14, 21, 24, 13, 27, 16, 19, 23, 28, 15, 22, 29</sup>

Questo dato è in linea con quanto già affermato dalla letteratura e dalle linee guida in merito all'effetto benefico e analgesico dato dall'esercizio terapeutico sul neck pain, che infatti è raccomandato come intervento di prima scelta in questo tipo di soggetti<sup>10,6</sup>.

L'unico risultato estremamente a favore del gruppo di intervento di controllo motorio viene dallo studio di Falla (2013)<sup>26</sup> nel quale però il gruppo di controllo non ha ricevuto nessun particolare intervento.

In 3 studi invece il miglioramento, sebbene avvenga in entrambi i gruppi, risulta essere significativamente migliore nel gruppo di controllo motorio rispetto a quello di rinforzo: Nezamuddin (2013)<sup>20</sup>, Chao Ma (2011)<sup>12</sup> dove la differenza si mantiene anche al follow up a 6 mesi e Suvarnato (2019)<sup>17</sup> dove l'NDI è statisticamente migliore sia a 6 settimane che a 1 e 3 mesi mentre il dolore solo a 6 settimane.

Infine in 2 articoli la differenza significativa tra i gruppi si raggiunge solo nel follow up a lungo termine: Kim (2016)<sup>18</sup> dove emerge differenza tra i gruppi a 8 settimane ma non a 4, e Dusunceli (2009)<sup>25</sup> nel quale il gruppo di intervento è l'unico a mantenere il miglioramento del dolore a 9 e 12 mesi; questi dati suggeriscono che probabilmente il training del controllo motorio necessita di tempistiche più lunghe affinché ne emerga chiaramente l'efficacia.

Ciò che di interessante è emerso dalla ricerca condotta è che solo la riabilitazione incentrata sul controllo motorio determina miglioramenti in altri outcome clinici peculiari come l'attività elettromiografica<sup>24, 16, 26</sup>, la dimensione del *longus colli*<sup>23</sup>, l'anteposizione del capo (*Forward Head Posture, CV angle*)<sup>17,19</sup> e la forza della muscolatura dei flessori<sup>17</sup>, tutti segni oggettivi del miglioramento del disequilibrio tra la muscolatura superficiale e profonda.

Contrariamente, come ci si poteva aspettare, i gruppi di controllo di rinforzo sono risultati migliori per l'endurance della muscolatura cervicale<sup>13</sup>, per la forza e la fatica muscolare di SCOM e scaleno anteriore e per l'aumento delle dimensioni dello SCOM<sup>23</sup> confermando il fatto che questo tipo di training abbia effetto maggiormente sulla muscolatura superficiale.

Dagli studi condotti sulla popolazione di soggetti con neck pain work related, emerge inoltre che l'intervento di training ergonomico<sup>14</sup> incentrato sul controllo motorio risulta essere migliore rispetto a quello standard o di rinforzo nel punteggio dei questionari *Work style (WS)* e *Job Related Physical Demand (JRPS)* che indagano lo sforzo percepito sul posto di lavoro, suggerendo che una correzione delle posture sia associata ad una più corretta attivazione muscolare che ne previene l'affaticamento (in questo studio non era presente la misura dell'attività EMG che invece in studi futuri potrebbe oggettivare quanto emerso dai questionari soggettivi).

Per quanto riguarda invece i soggetti con WAD gli studi analizzati in questa revisione<sup>13,27</sup> non hanno affermato l'efficacia di un training di controllo motorio per questo tipo di soggetti in quanto

non sono emerse differenze significative tra i gruppi in studio, tuttavia è possibile ipotizzare, oltre all'influenza del recupero fisiologico in seguito a *whiplash*, l'eventuale incidenza negativa di bandiere blu/nere come la presenza di cause assicurative irrisolte che possono influire negativamente sugli outcome o prolungare il processo di recupero<sup>30</sup>.

Interessante sottolineare che lo studio di Izquierdo et al. (2016)<sup>15</sup>, il quale confronta il training di controllo motorio alla riabilitazione oculomotoria, ha evidenziato effetti molto positivi per entrambi i tipi di intervento sia su VAS ed NDI che sulla performance al CCFT, suggerendo che la riabilitazione oculomotoria sia un training altrettanto valido per il miglioramento del controllo motorio. Questo dato tuttavia non deve sorprendere se si pensa al fatto che gli esercizi oculomotori (*eye head coordination, gaze stability,...*) richiedono un controllo cervicale molto elevato.

Infine, soltanto in 2 studi vengono indagati i fattori psicosociali, che tuttavia sappiamo essere potenzialmente molto influenti soprattutto nel dolore cronico. L'intervento multimodale con programma di rinforzo generico e jogging proposto nello studio di Dusunceli et al. (2009)<sup>25</sup>, ha evidenziato a favore soltanto del gruppo di intervento di controllo motorio un miglioramento della *Beck Depression Scale* (BDS); mentre dai risultati dello studio di Falla et al. (2013)<sup>26</sup> è emerso che seppur il dolore e la disabilità migliorano in modo significativo con il training del controllo motorio non si può dire altrettanto del punteggio della *Fear Avoidance Belief Questionnaire* (FABQ) che infatti non varia, suggerendo che non è sufficiente il lavoro sul fisico ma è necessario integrare anche altri tipi di approcci, per esempio seguendo i principi della *graded exposure*, per modificare l'impairment di paura del movimento.

## 4.2 Punti di forza e limiti della revisione

I punti di forza di questa revisione sistematica sono costituiti dal rigore metodologico con la quale è costruita, avendo seguito nella sua realizzazione quanto previsto dal PRISMA statement 11, e dalla scelta delle numerose banche dati che ha garantito l'analisi di un ampio numero di studi scientifici. Inoltre, tutti gli studi risultavano omogenei per quanto riguarda l'outcome primario di interesse, dolore e disabilità, e la maggior parte di essi presentavano una coorte di pazienti piuttosto numerosa, fatta eccezione per 5 studi che avevano una numerosità campionaria limitata ( $n=20^{24}$ ,  $n=25^{27}$ ,  $n=28^{15,18}$ ,  $n=30^{19}$ ). I principali limiti dello studio, invece, riguardano la scarsità degli articoli presenti in letteratura rispetto al quesito primario, in particolare per quanto riguarda l'esercizio aerobico e in acqua. Inoltre, ulteriore limite è costituito dal fatto che gli articoli sono risultati eterogenei dal punto di vista della qualità metodologica e 12 articoli su 18 sono risultati essere esposti ad alto rischio di bias. Dal punto di vista metodologico, i bias a cui risultano essere maggiormente esposti gli studi riguardano il blinding (performance e detection bias) e il selection bias.

### 4.3 Implicazioni per ricerche future

Dall'analisi dei risultati della presente revisione si definisce quindi che diviene importante differenziare il tipo di trattamento in base agli outcome di nostro interesse e pertanto distinguere tra esercizi per alleviare il dolore o per ripristinare la funzione. La selezione del paziente all'interno di sottogruppi specifici diviene quindi essenziale per sapere se e quando diviene centrale il training di controllo motorio perchè per alcuni soggetti potrebbe essere insufficiente e per altri non necessario, ricerche future potranno fare chiarezza sotto questo aspetto. Per esempio, un articolo di Hodges et al. (2015)<sup>6</sup> afferma che individui con una componente nocicettiva persistente o sensibilizzazione centrale potrebbero beneficiare di un training di miglioramento del controllo motorio<sup>3</sup>.

Inoltre, miglioramenti nella funzione muscolare in seguito ad esercizio sembrerebbero essere task specifici, in relazione al tipo di esercizio<sup>12,21,16</sup>. Questo dato suggerisce che portare il trattamento sul luogo di lavoro o con esercizi che simulino il gesto doloroso specifico sia una strategia valida.

Per esempio, per i soggetti con neck pain work related, le nuove tecnologie come il biofeedback real time o la riabilitazione virtuale con elettrodi di superficie rappresenta una possibilità futura interessante per trasportare il training di controllo motorio direttamente sul luogo di lavoro.

Per il momento rimane comunque d'obbligo considerare il costo elevato dell'attrezzatura e affinché si possa optare per questo tipo di training le evidenze devono essere largamente a favore rispetto ad un trattamento standard di rinforzo. Inoltre, l'intervento con biofeedback real time necessita di un'adeguata compliance del soggetto che deve essere disposto ad apprendere nuove strategie motorie e questo è maggiormente dispendioso e richiede tempistiche più lunghe rispetto al beneficio momentaneo che può essere dato delle terapie passive.

## 5 Conclusioni

Il neck pain è un problema comune nella popolazione generale che colpisce soprattutto la popolazione lavorativa attiva e le persone con WAD. Il dolore cervicale rappresenta un impairment non solo fisico, di forza e resistenza ma anche di controllo motorio. Il controllo motorio può essere inteso sia come modifica funzionale in termini di timing di attivazione che strutturale di composizione delle fibre muscolari.

La presente revisione ha indagato le alterazioni del controllo motorio, in base a quanto disponibile in letteratura e in linea con i criteri di inclusione ed esclusione stabiliti, in soggetti con neck pain cronico, neck pain work related e in soggetti con WAD. I trattamenti proposti per il controllo motorio si basano quasi unicamente sull'allenamento al Cranicervical Flexion Test anche se negli ultimi anni sono stati ideati anche device innovativi per questo scopo, anche con l'utilizzo di tecniche di controllo motorio real time. Per quanto riguarda l'allenamento globale di rinforzo gli studi della letteratura rimangono focalizzati soprattutto sulla muscolatura del collo e del quadrante superiore mentre sono, ad oggi, ancora molto scarsi gli studi che indagano l'efficacia dell'esercizio aerobico o in acqua in soggetti con cervicalgia ed alterazione del controllo motorio. Dai risultati della revisione è emerso che il training specifico di controllo motorio è equiparabile ad un training generale di rinforzo, aerobico o in acqua per quanto riguarda gli outcome primari di interesse come dolore e disabilità, a conferma del fatto che l'esercizio in ogni sua forma sia il trattamento di prima scelta per questo tipo di pazienti. Tuttavia, solo il training di controllo motorio determina dei miglioramenti in altri outcome clinici come l'attività elettromiografica, le dimensioni della muscolatura profonda e l'anteposizione del capo. Studi futuri sono necessari per indagare in maniera più approfondita quali categorie di pazienti possono quindi beneficiare di un training specifico di controllo motorio e per indagare meglio l'efficacia dell'esercizio aerobico e in acqua rispetto ai quali la letteratura per soggetti con neck pain ed alterazioni del controllo motorio è, ad oggi, ancora molto scarsa.

## 6 Bibliografía

1. Gross A, Kay TM, Paquin JP, Blanchette S, Lalonde P, Christie T, et al. Exercises for mechanical neck disorders. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015; Issue 1. Art. No.: CD004250.
2. Georgios Tsiringakis, Zacharias Dimitriadis, Evripidis Triantafylloy, Siannadh McLean. Motor control training of deep neck flexors with pressure biofeedback improves pain and disability in patients with neck pain: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice* 2020; 50:102220.
3. Amanda Hidalgo-Peréz, Ángela Fernández-García, Ibai López-de-Uralde-Villanueva, Alfonso Gil-Martínez, Alba Paris-Aleman, Josué Fernández-Carnero et al. Effectiveness of a motor control therapeutic exercise program combined with motor imagery on the sensorimotor function of the cervical spine: a randomized controlled trial. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2015; Volume 10, Number 6: 877
4. Deborah Falla, Gwendolen Jull, Paul Dall'Alba, Alberto Rainoldi, Roberto Merletti. An Electromyographic Analysis of the Deep Cervical Flexor Muscles in Performance of Craniocervical Flexion. *Physical Therapy* 2003; Volume 83, Number 10: 899-906.
5. Josef E. Muscolino. *The Muscle and Bone Manual, with Trigger Points, Referral Patterns, and Stretching, 2ed.* Elsevier 2016.
6. Paul W. Hodges and Rob J. Smeets. Interaction Between Pain, Movement, and Physical Activity Short-term Benefits, Long-term Consequences, and Targets for Treatment. *Clin J Pain* 2015; 31:97–107.
7. D. Falla. G. Jull. P. W. Hodges Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Exp Brain Res.* 2004; 157: 43–48.
8. Schomacher J, Falla D. Function and structure of the deep cervical extensor muscles in patients with neck pain, *Manual Therapy* 2013; 18: 360-366
9. Thavatchai S., Rungthip P., Sureeporn U., Rose B. Effect of specific deep cervical muscle exercises on functional disability, pain intensity, craniovertebral angle, and neck-muscle strength in chronic mechanical neck pain: a randomized controlled trial. *Journal of Pain Research* 2019; 19: 915–925.
10. Blandpied P., Gross A., Elliott J., Lee Devaney L., Clewley D., Walton D., et al. Neck pain: revision 2017: clinical practice guidelines linked to the Internationale Classification of Functioning, Disability and Health from orthopaedic section of the american physical therapy association. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(7):A1-A83.
11. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097.

12. Chao Ma, Grace P. Szeto, Tiebin Yan, Shaoling Wu, Caina Lin, Lijuan Li. Comparing biofeedback with active exercise and passive treatment for the management of work-related neck and shoulder pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; Vol 92.
13. John Vikne, Arit Oedegaard, Even Laerum, Camilla Ihlebaek and Gitle Kirkesola. Randomized study of new sling exercise treatment vs traditional physiotherapy for patients with chronic whiplash-associated disorders with unsettled compensation claims. *J Rehabil Med* 2007; 39: 252–259.
14. Billy C. L. So, Grace P. Y. Szeto, Rufina W. L. Lau, Jie Dai and Sharon M. H. Tsang. Effects of Ergomotor Intervention on Improving Occupational Health in Workers with Work-Related Neck-Shoulder Pain. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 5005.
15. Tomás Gallego Izquierdo, Daniel Pecos-Martin, Enrique Lluch Girbés, Gustavo Plaza-Manzano, Ricardo Rodríguez Caldentey, Rodrigo Mayor Melús et al. Comparison of cranio-cervical flexion training versus cervical proprioception training in patients with chronic neck pain: a randomized controlled clinical trial. *Rehabil Med* 2016; 48: 48–55.
16. G.A. Jull, D. Falla, Vicenzino, P.W. Hodges. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Manual Therapy* 2009; 14: 696–701.
17. Thavatchai Suvannato, Rungthip Puntumetakul, Sureeporn Uthaiakup, Rose Boucaut. Effect of specific deep cervical muscle exercises on functional disability, pain intensity, craniovertebral angle, and neck-muscle strength in chronic mechanical neck pain: a randomized controlled trial. *Journal of Pain Research* 2019;12: 915–925.
18. Jin Young Kim, Kwang Il Kwag. Clinical effects of deep cervical flexor muscle activation in patients with chronic neck pain. *J. Phys. Ther. Sci.* 2016; 28: 269–273.
19. Bhuvan Deep Gupta, Shagun Aggarwal, Bharat Gupta, Madhuri Gupta, Neha Gupta. Effect of Deep Cervical Flexor Training vs. Conventional Isometric Training on Forward Head Posture, Pain, Neck Disability Index In Dentists Suffering from Chronic Neck Pain. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 2013; Vol-7(10): 2261-2264.
20. Nezamuddin, Shahnawaz Anwer, Sohrab Ahmad khan and Ameer Equebal. Efficacy of pressure-biofeedback guided deep cervical flexor training on neck pain and muscle performance in visual display terminal operators. *Journal of Musculoskeletal Research* 2013; Vol. 16, No. 3: 1350011 (8 pages).
21. Sharon M. H. Tsang, Billy C. L. So, Rufina W. L. Lau, Jie Dai, Grace P. Y. Szeto. Comparing the effectiveness of integrating ergonomics and motor control to conventional treatment for pain and functional recovery of work-related neck–shoulder pain: A randomized trial. *Eur J Pain.* 2019; 23:1141–1152.

22. Thomas Rudolfsson, Mats Djupsjöbacka, Charlotte Häger and Martin Björklund. Effects of neck coordination exercise on sensorimotor function in chronic neck pain: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med* 2014; 46: 908–914.
23. Khodabakhsh Javanshir, Mohsen Amiri, Mohammad Ali Mohseni Bandpeic, Cesar Fernandez De las Penas and Asghar Rezasoltanie. The effect of different exercise programs on cervical flexor muscles dimensions in patients with chronic neck pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 2015; 28: 833–840
24. Alexi Beer, Julia Treleaven, Gwendolen Jull. Can a functional postural exercise improve performance in the cranio-cervical flexion test? A preliminary study. *Manual Therapy* 2012; 17: 219-224.
25. Yesim Dusunceli, Cihat Ozturk, Funda Atamaz, Simin Hepguler and Berrin Durmaz. Efficacy of neck stabilization exercises for neck pain: a randomized controlled study. *J Rehabil Med* 2009; 41: 626–631.
26. D. Falla, R. Lindstrøm, L. Rechter, S. Boudreau, F. Petzke. Effectiveness of an 8-week exercise programme on pain and specificity of neck muscle activity in patients with chronic neck pain: A randomized controlled study. *Eur J Pain* 2013; 17: 1517–1528.
27. Tove Ask, Liv I Strand, Jan Sture Skouen. The effect of two exercise regimes; motor control versus endurance/strength training for patients with whiplash-associated disorders: a randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation* 2009; 23: 812–823.
28. D. Falla, G. Jull, P. Hodges, B. Vicenzino. An endurance-strength training regime is effective in reducing myoelectric manifestations of cervical flexor muscle fatigue in females with chronic neck pain. *Clinical Neurophysiology* 2006; 17:828–837.
29. Antonio I. Cuesta-Vargas, Melanie White, Manuel González-Sánchez, and Raija Kuisma. The optimal frequency of aquatic physiotherapy for individuals with chronic musculoskeletal pain: a randomised controlled trial. *Disabil Rehabil*, 2015; 37(4): 311–318.
30. Pooria Sarrami, Elizabeth Armstrong, Justine M. Naylor, Ian A. Harris. Factors predicting outcome in whiplash injury: a systematic meta-review of prognostic factors. *J Orthopaed Traumatol* 2017;18:9–16.
31. Falla, D. Farina. Neuromuscular adaptation in experimental and clinical neck pain *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2008; 18: 255–261.
32. G.A. Jull, D. Falla, B. Vicenzino, P.W. Hodges. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Manual Therapy* 2009;14: 696–701.