



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. 2021/2022

Campus Universitario di Savona

Valutazione e trattamento degli impairment sensorimotori e di controllo motorio nel neck pain

Candidate:

Dott.ssa Arcangela Lorè

Dott.ssa Daniela Lippolis

Relatrice:

Dott.ssa Frédérique Chiampo

INDICE

ABSTRACT.....	1
1. INTRODUZIONE	2
1.1 DEFINIZIONE DI NECK PAIN	2
1.2 FISIOPATOLOGIA E CLASSIFICAZIONE.....	3
1.3 DECORSO.....	4
1.4 DEFINIZIONE DI CONTROLLO MOTORIO.....	5
1.5 MODIFICHE FUNZIONALI.....	7
1.6 MODIFICHE STRUTTURALI.....	8
1.7 L'INTEGRAZIONE SOMATOSENSORIALE.....	8
OBIETTIVO DELLA TESI.....	9
2. MATERIALI E METODI	10
2.1 QUESITO DI RICERCA	10
2.2 STRATEGIE DI RICERCA.....	11
2.3 CRITERI DI ELEGIBILITÀ.....	14
2.4 PROCESSO DI SELEZIONE.....	15
2.5 PROCESSO DI RACCOLTA DEI DATI.....	15
2.6 RISK OF BIAS.....	16
3. RISULTATI.....	17
3.1 VALUTAZIONE.....	17
3.1.1 FLOW-CHART PER LA SELEZIONE DEGLI STUDI	17
3.1.2 VALUTAZIONE CRITICA DEGLI STUDI INCLUSI.....	19
3.1.3 SINTESI DEGLI STUDI INCLUSI E TABELLE SINOTTICHE.....	22
3.2 TRATTAMENTO.....	27
3.2.1 FLOW-CHART PER LA SELEZIONE DEGLI STUDI.....	27
3.2.2 VALUTAZIONE RISK OF BIAS.....	28
3.2.3 ESTRAZIONE DEI DATI.....	29
4. DISCUSSIONE.....	32
4.1 DISCUSSIONE DEI RISULTATI.....	32
4.1.1 VALUTAZIONE.....	32
4.1.2 TRATTAMENTO.....	36
4.2 PUNTI DI FORZA E LIMITI DELLA REVISIONE.....	40

4.3 IMPLICAZIONI PER RICERCHE FUTURE.....	40
5. CONCLUSIONI.....	42
BIBLIOGRAFIA	44

ABSTRACT

Introduzione: il neck pain è la quarta causa nel mondo di disabilità. Molti studi ad oggi hanno dimostrato come nei soggetti con neck pain oltre che impairment di forza, resistenza e precisione, vi sia un impairment propriocettivo. Esso è strettamente legato a un'alterazione del controllo motorio che, se non indagata o ignorata, potrebbe condurre a disturbi di integrazione sensorimotoria. Tale alterazione è la risposta del sistema nervoso centrale alla presenza di un problema o dolore, viene innescato un comportamento protettivo che nel tempo può diventare disfunzionale. Si riscontrano modifiche funzionali e strutturali a carico delle strutture muscolari, soprattutto della muscolatura cervicale profonda. La valutazione con test specifici e il trattamento fisioterapico hanno un ruolo chiave nel trattamento di tale disturbo: è fondamentale l'indagine delle proprietà clinometriche di tali test e l'individuazione del trattamento più efficace per la risoluzione del neck pain con impairment propriocettivo.

Materiali e metodi: Le ricerche in letteratura sono state sviluppate consultando il database MEDLINE tramite PubMed e The Cochrane Library. Sono stati inclusi tutti gli studi con oggetto il neck pain. Il target della ricerca sono state le proprietà clinometriche dei test e l'efficacia del trattamento fisioterapico attraverso gli outcome propiocezione, equilibrio e oculomotricità.

Risultati: per quanto riguarda il primo obiettivo di questa tesi la ricerca nelle banche dati ha prodotto 3340 risultati, dai successivi screening ne sono rimasti 78 finalizzati alla lettura dell'abstract, ma solo di 40 articoli sono stati reperiti e analizzati i full-text, portando ad includere nella revisione soltanto 18 articoli.

Per quanto riguarda il secondo obiettivo della tesi la ricerca nelle banche dati ha fornito 394 risultati, dai successivi screening ne sono rimasti 42 di cui è stato letto l'abstract, ma solo di 9 articoli sono stati reperiti e analizzati i full-text, gli articoli inclusi in definitiva nella revisione sono stati 7.

La valutazione critica degli studi è stata effettuata con lo strumento QUADAS-2 per quanto riguarda la valutazione e con lo strumento ROB 2.0 per quanto riguarda il trattamento.

Discussione e conclusioni: riguardo la sezione della valutazione la ricerca ha individuato, nella maggioranza degli articoli inclusi, che la maggior parte dei test presenti in letteratura risultano affidabili. Ricerche future saranno necessarie per valutare meglio anche altre proprietà clinometriche, magari anche su campioni di popolazione più grandi.

Per la sezione del trattamento la ricerca ha fatto emergere una varietà di proposte ugualmente efficaci negli outcome di dolore e disabilità. Tuttavia, ci si riserva in futuro di sottoporre tali proposte a popolazioni più eterogenee e di dimensioni maggiori, anche con follow-up a lungo termine.

1. INTRODUZIONE

Il neck pain è la quarta causa nel mondo di disabilità.¹ Approssimativamente, metà degli individui sperimentano un episodio di neck pain nel corso della loro vita. La maggior parte degli studi epidemiologici riportano che la prevalenza annuale del neck pain è compresa tra il 15% e il 20% e tra l'1.5-1.8% della popolazione adulta richiede cure ambulatoriali per questo disturbo.² Seppur molto diffuso nella popolazione generale e in tutte le categorie professionali, il neck pain rimane un problema sottovalutato.³

La condizione di dolore e disabilità che si associa alla cervicalgia ha un notevole impatto sulla vita degli individui che ne sono affetti, sulle loro famiglie, sulle comunità e sul sistema sanitario e imprenditoriale.^{4,5} I lavoratori d'ufficio sono la categoria più studiata per l'elevata incidenza e prevalenza di neck pain.

1.1 DEFINIZIONE DI NECK PAIN

Il dolore viene definito dalla IASP (International Association for the Study of Pain) come una spiacevole esperienza sensoriale ed emozionale associata a, o che assomiglia a quella associata a, un danno tissutale attuale o potenziale.⁶

Sempre la IASP definisce il "cervical spine pain" come un dolore percepito nella regione posteriore del rachide cervicale, delimitata dalla linea nucale superiore e dal primo processo spinoso del rachide toracico.

Questa definizione non tiene conto delle aree anatomiche in cui il dolore cervicale può essere riferito; risulta in tal senso più completa la definizione della Neck Pain Task Force⁷, che descrive il neck pain come un dolore localizzato nella regione anatomica del collo, delimitato superiormente dalla linea nucale superiore, e inferiormente dalla linea che unisce le spine della scapola e dal bordo clavicolare superiore (*figura 1*), con o senza irradiazione a testa, tronco e arti superiori. Tuttavia, questa definizione non implica che la causa del disturbo si identifichi in una struttura localizzata in quell'area, ma indica solamente la zona dove viene percepito il dolore.^{2,8}

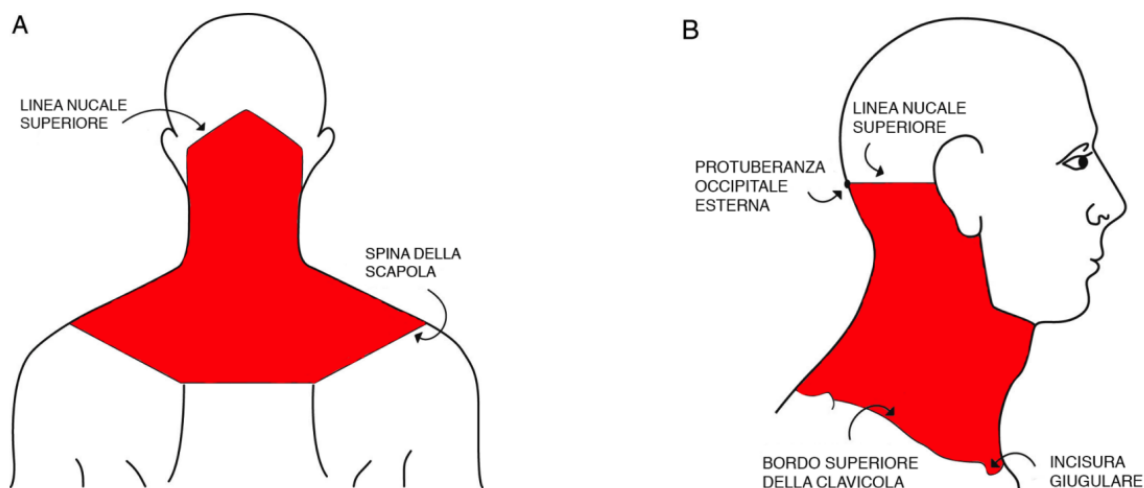


Figura 1: La visione posteriore della regione anatomica del collo (A) e la visione laterale come definita da The Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and its Associated Disorders.²

1.2 FISIOPATOLOGIA E CLASSIFICAZIONE

Il Neck Pain può essere classificato in base ai meccanismi eziopatogenetici, distinguendo tra cervicalgia specifica e aspecifica. Quando l'origine del dolore è riconducibile a una causa patoanatomica specifica come, ad esempio, la sindrome radicolare, la cefalea cervicogenica e le patologie sistemiche⁸, la cervicalgia viene classificata come specifica.

Nella maggior parte delle cervicalgie, le cause biologiche del dolore non sono chiaramente identificabili o correlate a una patologia specifica; in questi casi, la cervicalgia viene classificata come aspecifica.⁹

Un'ulteriore classificazione è determinata dal meccanismo ritenuto responsabile del neck pain, possiamo quindi distinguere:

- Disordini cervicali in cui si presume che la causa principale del dolore/nocicezione sia dovuta ad una disfunzione di una struttura articolare/miofasciale.
- Disordini cervicali in cui si presume che la causa principale del dolore/nocicezione si riferisca ad una disfunzione di una struttura neurale (radice nervosa, nervo periferico ecc...) /dolore neuropatico.
- Disordini cervicali in cui osserviamo la dissociazione tra percezione dolorosa soggettiva e stimolo fisico/comportamentale somministrato al paziente (possibile presenza di iperalgesia dovuta alla sensibilizzazione centrale).

- Disordini cervicali in cui si presume che la causa sottostante il dolore si riferisca ad una disfunzione del controllo sensomotorio, per cui permane una fonte continua di input nocicettivo o neuropatico.^{10,11}

È possibile classificare il neck pain anche sulla base della durata dei sintomi¹² (figura 2):

- Neck pain acuto: durata dei sintomi inferiore a 6 settimane;
- Neck pain subacuto: durata dei sintomi da 6-12 settimane;
- Neck pain cronico: durata dei sintomi maggiore di 12 settimane.

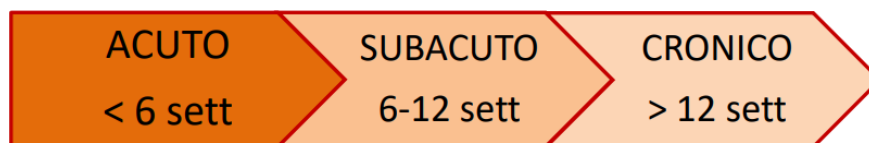


Figura 2: classificazione temporale neck pain

È la classificazione più utilizzata attualmente in ricerca per uniformare la tipologia di pazienti (NSNP). Il pattern della cervicalgia è classificato come a episodio singolo (con recupero completo dopo l'episodio), ricorrente (due o più episodi con recupero completo tra di essi) o persistente (senza periodi di recupero completo).^{1,2}

1.3 DECORSO

Tra i vari sistemi di classificazione la durata è il miglior predittore di outcome. La durata minore del dolore è associata a una prognosi migliore.

La cervicalgia ha un iniziale decorso favorevole, con una significativa riduzione del dolore e della disabilità nelle prime 6 settimane e mezzo.¹³ Nei lavoratori d'ufficio il tempo medio di risoluzione sale a 2 mesi.¹⁴

Circa il 33-65% dei soggetti che sperimentano neck pain recuperano entro un anno, tuttavia, le recidive sono comuni¹⁵ infatti, nella popolazione generale, tra il 50% e l'85% dei soggetti che sperimentano questo disturbo riportano ancora neck pain a 1-5 anni di follow up.¹⁶

Nella gestione del neck pain è importante identificare quali sono gli impairment prevalenti. L'impairment propriocettivo è uno dei principali nel neck pain. Il razionale di questa revisione sarà, quindi, capire cosa dice la letteratura in merito a questo argomento, per definire meglio i metodi di valutazione e di trattamento di questo impairment.

1.4 DEFINIZIONE DI CONTROLLO MOTORIO

Molti studi ad oggi hanno dimostrato come nei soggetti con neck pain oltre che impairment di forza, resistenza e precisione, vi sia un impairment propriocettivo. Esso è strettamente legato a un'alterazione del controllo motorio che se non indagata o ignorata, potrebbe condurre a disturbi di integrazione sensorimotoria.

È stata inoltre rilevata in questa popolazione la presenza di modifiche muscolari strutturali (cross sectional area, infiltrazioni di tessuto adiposo, tipo di fibre).¹⁷

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.¹⁸

Il movimento in sé è un'interazione di diversi sistemi corporei come sensoriale/percettivo, cognitivo e motorio e il controllo motorio è l'abilità di regolare o dirigere i meccanismi essenziali per il movimento.

Il controllo motorio può essere definito, inoltre, 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.¹⁹

È importante comprendere la relazione che c'è tra dolore e movimento. Sicuramente essi sono collegati e possono alterarsi reciprocamente. Molte teorie nel tempo hanno provato a capire come mai dolore e movimento siano collegati; la teoria più accurata, forse, oggi è la teoria della risposta protettiva.²⁰(figura 3)

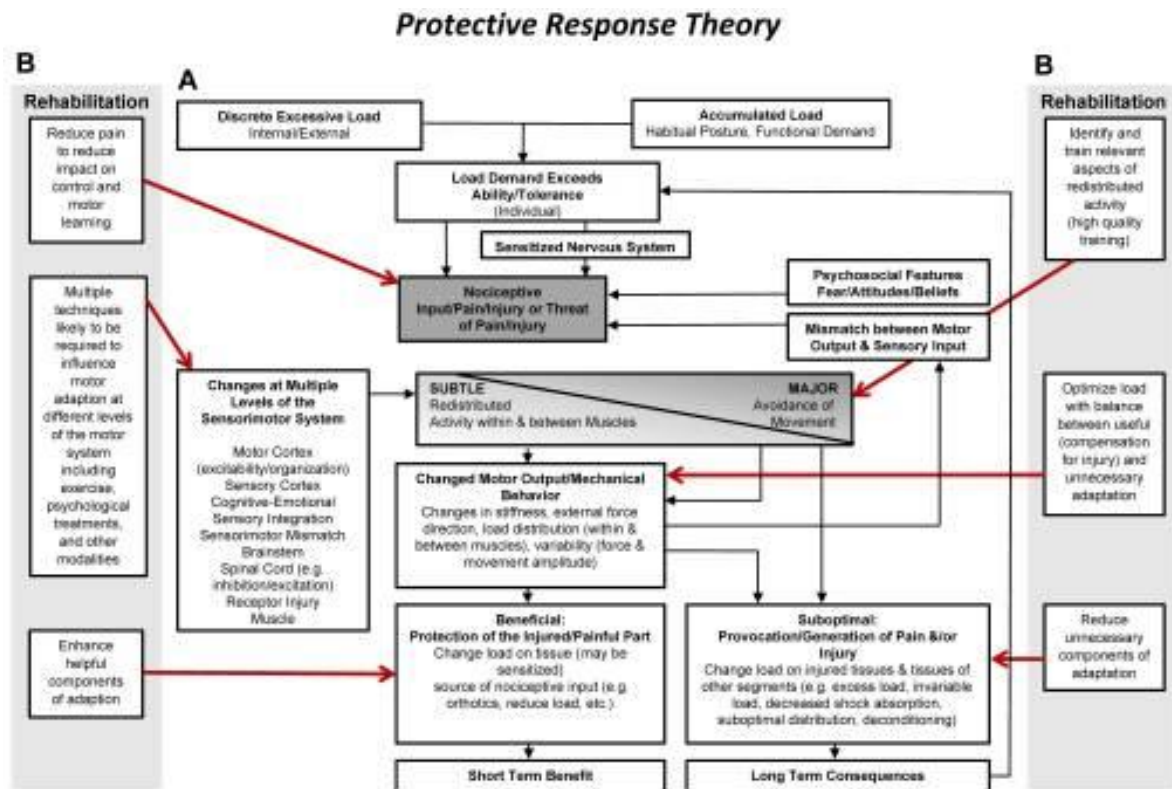


Figura 3: Questo schema illustra come, quando c'è un problema o un dolore, il paziente inizia a muoversi male.

In presenza di un problema o dolore, 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. Si modifica, pertanto, il comportamento del paziente, questo in una prima fase può proteggere la parte lesa, ma col passare del tempo può diventare disfunzionale.²¹ Infatti, il perpetuarsi dell'adattamento motorio, che in questo caso diventerebbe maladattativo, può contribuire al processo di cronicizzazione del quadro clinico.

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. È quindi importante eseguire una corretta valutazione rispettando la reattività del paziente per capire in che fase si trovi, perché si muova male o in quale momento delle modificazioni strutturali, funzionali e comportamentali sia.

1.5 MODIFICHE FUNZIONALI

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. Queste risposte sono pre-pianificate dal sistema nervoso centrale e sono definite aggiustamenti anticipatori o feedforward.²²

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

Nei pazienti con un’alterazione del controllo motorio è stato visto che c’è una modifica nell’attività sia dei muscoli profondi del rachide cervicale che di quelli superficiali.

Molto spesso l’attività dei muscoli superficiali come lo sternocleidomastoideo o il trapezio avviene senza l’attivazione simultanea dei muscoli profondi. 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.

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. Tutto ciò, quindi, è associato ad una ritardata sincronizzazione o reclutamento, ridotta attività, scarso controllo della mobilità spinale cervicale e perdita del controllo della posizione neutra.

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.²³

1.6 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.

È stato dimostrato un aumento significativo della proporzione di fibre IIC (veloci con metabolismo glucolitico) sia nella componente estensoria che flessoria cervicale; è stato visto, infatti, che questi pazienti hanno difficoltà a sostenere posizioni mantenute. Sono state documentate atrofia ed infiltrazioni di tessuto connettivo e adiposo nei muscoli suboccipitali profondi. Biopsie muscolari hanno, inoltre, dimostrato modifiche della sezione trasversa muscolare e riduzione del metabolismo tissutale.

Questi cambiamenti possono essere correlati all'overuse delle unità motorie lente (con metabolismo ossidativo) che spiegherebbe lo sviluppo di dolore in individui che compiono task motori ripetitivi a bassa intensità.²⁴

1.7 L'INTEGRAZIONE SOMATOSENSORIALE

Il sistema sensori-motorio è costituito da tre diversi sub-sistemi: il sistema della visione, il sistema vestibolare e il sistema somato-sensoriale (propriocezione del collo e da tutto il corpo). Questi tre sistemi sono coordinati a livello centrale tra loro. Tutto ciò che arriva da questi sistemi viene integrato per mantenere nel sistema corpo l'equilibrio statico e dinamico.

Nel momento in cui c'è un problema a uno dei tre sistemi risulta alterata la loro integrazione.

In presenza, quindi, di un'alterazione della propriocezione del collo il paziente potrebbe andare incontro a una disintegrazione somato-sensoriale.

Le alterazioni somato-sensoriali sono causate da disturbi a livello centrale (top-down), intermedio (sistema vestibolare e visivo) o periferico-locale (bottom-up, strutture cervicali).²⁵

Un paziente che soffre di un dolore cervicale con alterazione del controllo motorio potrebbe presentare una disintegrazione somato-sensoriale ed avere perciò problemi riguardo:

- **Propriocezione**: difficoltà a riportare il capo in posizione neutra, deficit nell'accuratezza di riposizionamento di spalla e gomito, movimento poco fluido, deficit nell'accuratezza del movimento cervicale, deficit nella percezione della verticalità.
- **Equilibrio**: difficoltà a mantenere l'equilibrio statico e dinamico, deficit di equilibrio con complessità diverse.

- **Oculomotricità**: il paziente faticherà nel sostenere un target con lo sguardo o inseguire in maniera veloce un oggetto. Avrà un incremento del riflesso cervico-oculare e un deficit di coordinazione occhio-capo-mano.²⁶

Nel momento in cui i tre sistemi sono in conflitto, il mismatch di segnali provenienti da questi sistemi porta a tre alterazioni principali: difficoltà di coordinazione oculomotoria, alterazione dell'equilibrio e presenza del sintomo vertigine. Quando l'alterazione nasce da una disfunzione delle strutture cervicali si parla di vertigine cervicogenica.

Molto spesso, però, la causa di questo mismatch non è cervicale. La vertigine è un sintomo che può avere cause non muscoloscheletriche. A parità di sintomo, molti quadri clinici possono sottendere patologie più serie e quindi è fondamentale l'anamnesi, la ricerca dei fattori di rischio e la valutazione dei tre sub-sistemi. Non esistono test specifici per capire se il paziente ha disintegrazione sensori-motoria e vertigini di natura cervicale. Ne consegue che la diagnosi sarà fatta per esclusione.²⁷

OBIETTIVO DELLA TESI

L'obiettivo di questa revisione sistematica è quello di ricercare in letteratura le evidenze, ad oggi presenti, in merito a neck pain, alterazione del controllo motorio e disintegrazione somato-sensoriale; in particolare la tesi avrà un duplice scopo:

- 1- Valutare le proprietà clinometriche dei test attualmente presenti in letteratura, utilizzati nella valutazione del controllo motorio e nella disintegrazione somato-sensoriale.
- 2- Indagare in letteratura l'efficacia dei trattamenti proposti per gli impairment in questione.

2. MATERIALI E METODI

2.1 QUESITO DI RICERCA

1) Indagine delle proprietà clinometriche dei test attualmente presenti in letteratura, utilizzati nella VALUTAZIONE del controllo motorio e nella disintegrazione somato-sensoriale.

In base all'obiettivo della nostra ricerca, per la valutazione è stato utilizzato il modello PIRO.

P: popolazione con neck pain

I: test per la valutazione del controllo motorio e del deficit di integrazione sensorimotoria

R: non specificato in quanto il quesito clinico non richiede un confronto

O: proprietà clinometriche dei test

2) Indagine dell'efficacia del TRATTAMENTO proposto in letteratura per gli impairment sensorimotori e di controllo motorio nel neck pain.

In base all'obiettivo della nostra ricerca, per il trattamento è stato utilizzato il modello PICO.

P: popolazione con neck pain

I: trattamento per gli impairments controllo motorio e disintegrazione sensorimotoria

C: non specificato in quanto il quesito clinico non richiede una comparazione

O: miglioramento di propriocezione, equilibrio, oculomotricità

2.2 STRATEGIE DI RICERCA

Le ricerche in letteratura sono state sviluppate consultando il database MEDLINE tramite PubMed e The Cochrane Library.

Le strategie di ricerca sono state adattate alle regole di archiviazione dei termini, proprie di ogni database consultato.

Per la costruzione delle stringhe di ricerca abbiamo individuato i termini liberi di nostro interesse e i termini mesh:

VALUTAZIONE:

MESH TERMS		OTHER TERMS
P	neck pain[MeSH Terms]	neck pain; chronic neck pain; neck ache; cervical pain; cervicalgia; posterior cervical pain; anterior neck pain; cervicodynias; neckaches
I	proprioception[MeSH Terms]; somatosensory disorder[MeSH Terms]; somatosensory disorders[MeSH Terms]	sensorimotor; sensory motor; motor control; somatosensory; proprioception; motor coordinations; proprioceptive; position sense; proprioceptives; coordination; disintegration; dysfunction; disturbance; deficit; impairment; disorder
R	non specificato in quanto il quesito clinico non richiede un confronto	
O	sensitivity and specificity [MeSH Terms]; reproducibility of results [MeSH Terms]; likelihood functions[MeSH Terms]; predictive value of tests[MeSH Terms]; dimensional measurement accuracy[MeSH Terms]	test; index; measurement; measure; exam; measures; valuation; dimensional measurement accuracy; likelihood ratio; LR; predictive value; clinometric properties; properties; reliability; internal consistency; responsiveness; MCD; minimal detectable change; MCID; minimal clinically important difference; reproducibility of results; sensitivity; specificity

TRATTAMENTO:

MESH TERMS		OTHER TERMS
P	neck pain [MeSH Terms]	neck pain; neck ache; neck aches; cervical pain; cervicalgias; cervicodynia; cervical pains; neckache; neckaches; cervicodynias; cervicalgia; neck pains
I	treatment [MeSH Terms]; treatments [MeSH Terms]; therapy [MeSH Terms]; therapies[MeSH Terms]; physiotherapy[MeSH Terms]	treatment; treatments; therapy; therapies; physical therapy; physical therapies; physiotherapy
C	non specificato in quanto il quesito clinico non richiede un confronto	
O	proprioception [MeSH Terms]	improvement; proprioception; posture sense; position sense; equilibrium; balance; oculomotricity

Le stringhe sono poi state costruite impostando una “ricerca avanzata” ottenuta unendo i termini di ogni dominio con l’operatore booleano “OR”, e i vari domini tra loro con l’operatore booleano “AND”.
Con il seguente risultato:

VALUTAZIONE:

((((((((((("neck pain") OR ("chronic neck pain")) OR ("neck ache")) OR (neckache)) OR ("cervical pain")) OR (cervicalgia)) OR ("posterior cervical pain")) OR ("anterior neck pain")) OR (cervicodynias)) OR (neckaches)) OR ("neck pain"[MeSH Terms])) AND (((((((((((sensorimotor) OR (sensory motor)) OR (motor control)) OR (somatosensory)) OR (proprioception)) OR (proprioception[MeSH Terms])) OR (motor coordinations)) OR (proprioceptive)) OR (position sense)) OR (proprioceptives)) OR (coordination)) OR (((((((disintegration) OR (dysfunction)) OR (disturbance)) OR (deficit)) OR (impairment)) OR (disorder)) OR (somatosensory disorder[MeSH Terms]))) OR (somatosensory disorders[MeSH Terms])))) AND((((((test) OR (index)) OR (measurement)) OR (measure)) OR (exam)) OR (measures)) OR (valuation))) AND (((((((((((dimensional measurement accuracy) OR (likelihood ratio)) OR (LR)) OR (predictive value)) OR (clinometric properties)) OR (properties)) OR

(reliability)) OR (internal consistency)) OR (responsiveness)) OR (MCD)) OR ("minimal detectable change")) OR (MCID)) OR ("minimal clinically important difference")) OR ("reproducibility of results")) OR (sensitivity and specificity[MeSH Terms])) OR (reproducibility of results[MeSH Terms])) OR (likelihood functions[MeSH Terms])) OR (predictive value of tests[MeSH Terms])) OR (dimensional measurement accuracy[MeSH Terms])) OR (sensitivity)) OR (specificity))

TRATTAMENTO:

((((((((((("neck pain") OR ("neck pain"[MeSH Terms])) OR ("neck ache")) OR ("neck aches")) OR ("cervical pain")) OR (cervicalgias)) OR (cervicodynia)) OR ("cervical pains")) OR (neckache)) OR (neckaches)) OR (cervicodynias)) OR (cervicalgia)) OR ("neck pains")) AND (((((((((((treatment) OR (treatments)) OR (therapy)) OR (therapies)) OR ("physical therapy")) OR ("physical therapies")) OR (physiotherapy)) OR (treatment[MeSH Terms])) OR (treatments[MeSH Terms])) OR (therapy[MeSH Terms])) OR (therapies[MeSH Terms])) OR (physiotherapy[MeSH Terms])) AND (improvement))) AND ((((((proprioception) OR (proprioception[MeSH Terms])) OR ("posture sense")) OR ("position sense")) OR ((equilibrium) OR (balance))) OR (oculomotricity))

2.3 CRITERI DI ELEGIBILITÀ

1. VALUTAZIONE		2. TRATTAMENTO
DISEGNI DI STUDIO	Sono stati inclusi tutti gli studi condotti sui test per la valutazione del controllo motorio, in pazienti con neck pain sotto forma di studi cross-sectional.	Sono stati inclusi tutti gli studi condotti sull’efficacia del trattamento di impairment sensorimotori e di controllo motorio, in pazienti con neck pain, pubblicati sotto forma di RCT
PARTECIPANTI	Sono stati inclusi tutti i pazienti, senza limiti di età, con impairment sensorimotori e di controllo motorio, in relazione alla problematica neck pain.	Sono stati inclusi tutti i pazienti, senza limiti d’età, con impairment sensorimotori e di controllo motorio, in relazione alla problematica neck pain
OUTCOME	L’outcome considerato riguarda l’analisi delle proprietà psicometriche dei test riscontrati in letteratura e la valutazione della loro significatività.	Gli outcome considerati riguardano la verifica, o meno dell’efficacia del trattamento proposto in letteratura, in caso di impairment sensorimotori e di controllo motorio, in pazienti con neck pain
CALCOLO DEL TEMPO	Sono stati inclusi tutti gli studi degli ultimi vent’anni	
SETTING	Non ci sono state restrizioni per tipo di setting	
LINGUA	Sono stati inclusi unicamente studi pubblicati in lingua inglese e/o italiana	
Tutti gli studi che non hanno soddisfatto uno o più punti dei criteri di elegibilità ivi elencati sono stati scartati		

2.4 PROCESSO DI SELEZIONE

I risultati della ricerca sono stati analizzati da due revisori al fine di valutare la conformità ai criteri di inclusione e la pertinenza.

Il processo di selezione degli studi emersi dalla ricerca nelle banche dati, è avvenuto nel seguente ordine:

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

Al termine dell'ultima selezione, in caso di opinioni discordanti sull'inclusione degli studi, è stato effettuato un confronto tra i due revisori per trovare un consensus.

2.5 PROCESSO DI RACCOLTA DEI DATI

I dati sono stati processati da due revisori mediante l'elaborazione di una tabella di contingenza, creata attraverso il programma del pacchetto Office Excel, per l'estrazione e la sintesi dei dati.

Sono stati specificati:

1. VALUTAZIONE	2. TRATTAMENTO
- Nome dell'autore	- Nome dell'autore
- Anno di pubblicazione	- Anno di pubblicazione
- Tipo di studio	- Tipo di studio
- Numero dei partecipanti e loro caratteristiche	- Numero dei partecipanti e loro caratteristiche
- Test analizzati	- Tipologie di trattamento utilizzate
- Proprietà clinometriche riscontrate nei test	- Follow-up
- Significatività delle proprietà clinometriche analizzate	- Misure di efficacia

Gli outcome primari di questa revisione sono:

1. Valutazione

Indagine delle proprietà clinometriche dei test che valutano il controllo motorio nel neck pain.

2. Trattamento

Indagine dell'efficacia delle tipologie di trattamento proposte in letteratura, per pazienti con impairments sensorimotori e di controllo motorio nel neck pain.

2.6 RISK OF BIAS

1. Valutazione

Il critical appraisal per la definizione del risk of bias degli studi inclusi è stato effettuato con QUADAS-2.

2. Trattamento

Il critical appraisal per la definizione del risk of bias degli studi inclusi è stato effettuato con ROB.2.

3. RISULTATI

3.1 VALUTAZIONE

3.1.1 FLOW-CHART PER LA SELEZIONE DEGLI STUDI

Dalla ricerca nelle banche dati sono emersi 3340 risultati (Pubmed 3294, Cochrane 46) ai quali è stato aggiunto un articolo reperito dai suggerimenti di Pubmed.

Dopo la rimozione manuale dei duplicati (1) sono stati letti 3340 titoli dei quali 3262 esclusi perché non inerenti ai criteri di inclusione.

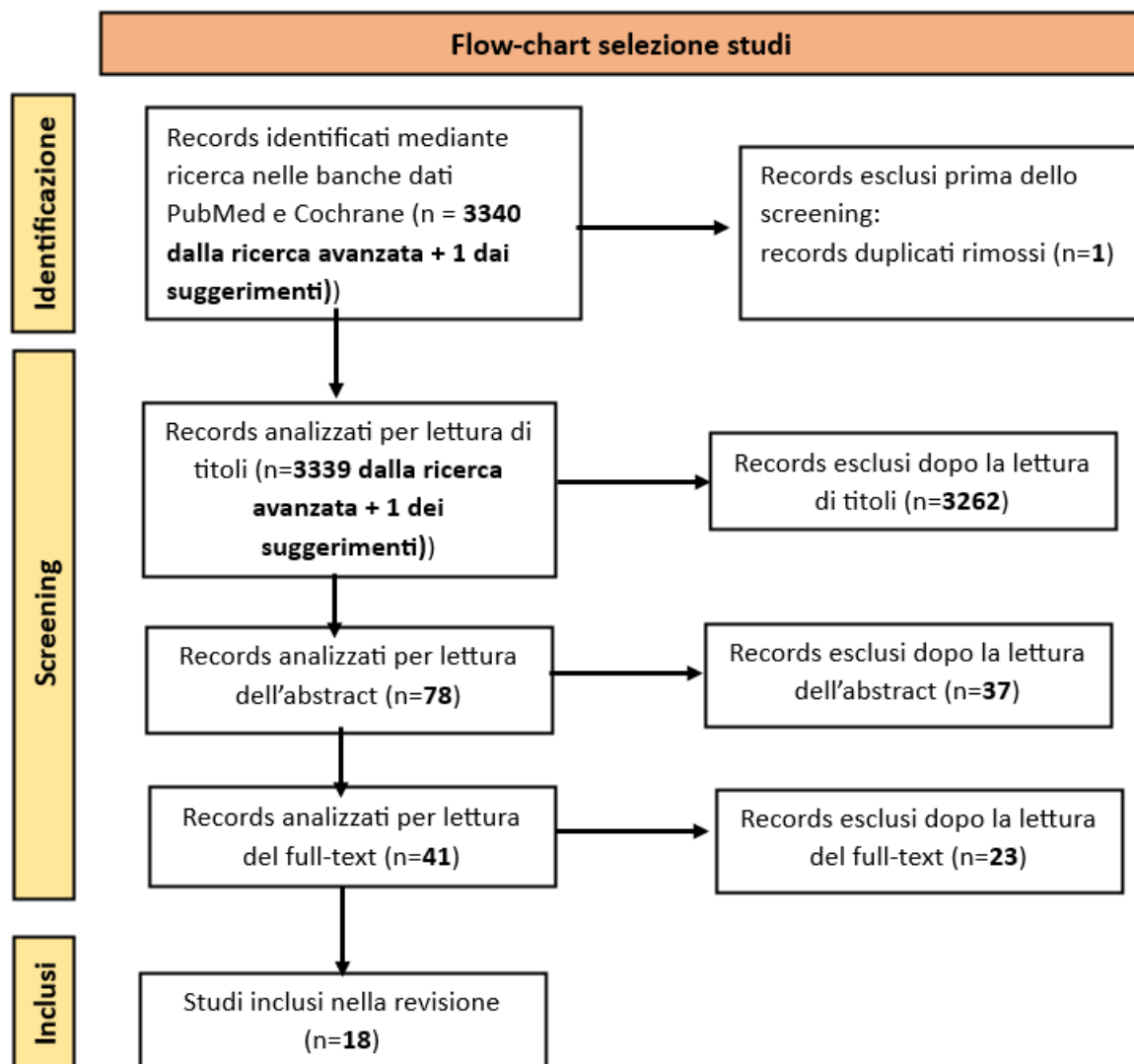
Pertanto, i 78 articoli rimasti sono stati analizzati per abstract. Di questi, 16 sono stati esclusi poiché non rispettavano i criteri di inclusione rispetto ai partecipanti, 13 perché non erano attinenti con l'obiettivo di questa revisione, 3 perché non erano studi osservazionali e 4 perché non rispettavano i criteri di inclusione rispetto all'outcome. Di conseguenza, avendo escluso 37 studi per abstract, ne sono rimasti 40 eletti alla lettura del full text: 3 si focalizzavano sul paragone tra gruppi e non sulla valutazione delle proprietà dei singoli test, 6 non rispettavano i criteri di inclusione rispetto ai partecipanti, 3 non erano studi cross-sectional, 2 non erano specifici per la valutazione del controllo motorio, 2 non indagavano le proprietà psicometriche, 3 erano troppo datati, 3 non indagavano dei veri e propri test ma altro ad esempio questionari, 1 non era attinente. Quindi, sono stati esclusi 23 articoli.

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

- Edmondston SJ e al. (2008) *"Reliability of isometric muscle endurance tests in subjects with postural neck pain"* ²⁸
- Juul T e al. (2013) *"The intra- and inter-rater reliability of five clinical muscle performance tests in patients with and without neck pain"* ²⁹
- Della Casa E e al. (2014) *"Head-eye movement control tests in patients with chronic neck pain; inter-observer reliability and discriminative validity"* ³⁰
- René Jørgensen e al. (2014) *"Reliability, construct and discriminative validity of clinical testing in subjects with and without chronic neck pain"* ³¹
- Patroncini M e al. (2014) *"Reliability of movement control tests on the cervical spine"* ³²

- Harvie DS e al. (2015) *“Neck Pain and Proprioception Revisited Using the Proprioception Incongruence Detection Test”* ³³
- Segarra V e al. (2015) *“Inter-and intra-tester reliability of a battery of cervical movement control dysfunction tests”* ³⁴
- Dugailly PM e al. (2015) *“Head repositioning accuracy in patients with neck pain and asymptomatic subjects: concurrent validity, influence of motion speed, motion direction and target distance”* ³⁵
- Alahmari K e al. (2017) *“Intra- and inter-rater reliability of neutral head position and target head position tests in patients with and without neck pain”* ³⁶
- Treleaven J e al. (2018) *“Validity of clinical measures of smooth pursuit eye movement control in patients with idiopathic neck pain”* ³⁷
- Treleaven J e al (2018) *“Intra and interrater reliability and clinical feasibility of a simple measure of cervical movement sense in patients with neck pain”* ³⁸
- Silva AG e al. (2019) *“Reliability, measurement error and construct validity of four proprioceptive tests in patients with chronic idiopathic neck pain”* ³⁹
- Majcen Rosker Z e al. (2021) *“Inter-Visit Reliability of Smooth Pursuit Neck Torsion Test in Patients with Chronic Neck Pain and Healthy Individuals”* ⁴⁰
- De Pauw R e al. (2022) *“Reliability and discriminative validity of a screening tool for the assessment of neuromuscular control and movement control in patients with neck pain and healthy individuals”* ⁴¹
- Majcen Rosker Z e al. (2022) *“The influence of neck torsion and sequence of cycles on intra-trial reliability of smooth pursuit eye movement test in patients with neck pain disorders”* ⁴²
- Treleaven J e al. (2022) *“Proprioceptive Disturbance in Chronic Neck Pain: Discriminate Validity and Reliability of Performance of the Clinical Cervical Movement Sense Test”* ⁴³
- Marina Machado e al. (2022) *“Reliability of the Joint Position Sense Error Test for Women with Neck Pain and Asymptomatic Men and Women”* ⁴⁴
- Madsalae T e al. (2022) *“Can the balance evaluation systems test be used to identify system-specific postural control impairments in older adults with chronic neck pain?”* ⁴⁵

Di seguito, nella flow chart, sono esposti tutti i passaggi del processo di selezione.



3.1.2 VALUTAZIONE CRITICA DEGLI STUDI INCLUSI

Per la valutazione degli studi inclusi è stato utilizzato lo strumento QUADAS-2. Lo strumento QUADAS è stato prodotto nel 2003 per le revisioni sistematiche degli studi di accuratezza diagnostica.⁴⁶ QUADAS-2 ne rappresenta l'aggiornamento realizzato sulla base dell'esperienza, di report e feedback che hanno suggerito aree di miglioramento.

Quadas-2 è strutturato in 4 domini:

1. selezione dei pazienti
2. test in studio
3. standard di riferimento
4. flusso e timing

Per ogni dominio viene valutato il risk of bias e per i primi tre anche l'applicabilità. Per aiutare a valutare il rischio di bias, Quadas-2 fornisce quesiti guida correlati a potenziali bias degli studi. Per ogni dominio, lo strumento sollecita ad attribuire un giudizio di basso, elevato o non chiaro rischio di bias.

Al termine della valutazione di tutti i domini ad ogni articolo è stato assegnato un giudizio complessivo secondo il seguente criterio:

- “Basso rischio”: è opportuno formulare un giudizio complessivo di “basso rischio di bias” o “limitati problemi di applicabilità” quando a uno studio viene assegnato lo score come “basso” rispetto a tutte le sezioni relative ai bias o all'applicabilità.
- “A rischio di bias” o “con problemi di applicabilità”: è opportuno formulare un giudizio complessivo “a rischio di bias” o “con problemi di applicabilità” se uno studio è giudicato a “rischio elevato” o “rischio non chiaro” su una o più sezioni.

Soprattutto a causa della mancanza di informazioni all'interno degli articoli i giudizi complessivi sono stati i seguenti: 3 studi a basso rischio e 15 studi a rischio di bias.

Di seguito, la rappresentazione tabellare della valutazione con QUADAS-2.

RISCHIO DI BIAS					PROBLEMI DI APPLICABILITÀ		
STUDIO	SELEZIONE DEI PAZIENTI	TEST IN STUDIO	STANDARD DI RIFERIMENTO	FLUSSO E TIMING	SELEZIONE DEI PAZIENTI	TESI IN STUDIO	STANDARD DI RIFERIMENTO
1	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
2	😊	😊	?	?	😊	😊	?
3	😊	😊	😞	😊	😊	😊	?
4	😊	😊	?	😊	😊	?	?
5	😞	😊	?	😊	😊	😊	?
6	😊	?	😊	😊	😊	?	😊
7	😊	😊	?	?	😊	😊	?
8	😊	😊	?	😞	😊	😊	?
9	😊	?	?	?	😊	😊	?
10	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
11	😊	😊	?	?	😊	😊	?
12	😊	😊	?	😞	😊	😊	?
13	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
14	😊	?	😞	😞	😊	😊	?
15	?	?	?	😊	😊	😊	?
16	😊	😊	?	😞	😊	😊	😊
17	?	?	😊	😊	😊	😊	😊
18	😞	😊	?	😊	😊	😊	?



rischio basso



rischio alto

? rischio incerto

3.1.3 SINTESI DEGLI STUDI INCLUSI E TABELLE SINOTTICHE

Gli studi inclusi sono stati riassunti nella seguente tabella sinottica.

All'interno della tabella, per ogni studio, sono indicati:

- titolo
- autori e anno di pubblicazione
- numero e caratteristiche dei partecipanti
- test indagati
- proprietà psicometriche indagate
- significatività delle proprietà
- considerazioni

TITOLO/AUTORI/ANNO	DISEGNO DI STUDIO E OBIETTIVO	NUMERO PARTECIPANTI E CARATTERISTICHE	TEST INDAGATI	PROPRIETA' CLINOMETRICHE	SIGNIFICATIVITA' DELLE PROPRIETA'	CONSIDERAZIONI DALLO STUDIO
1. Reliability of isometric muscle endurance tests in subjects with postural neck pain. (Edmondston SJ e al. 2008)	Reliability study. L'obiettivo è valutare l'affidabilità di tre test di resistenza muscolare submassimale.	21 partecipanti (14 donne, 7 uomini) con "postural neck pain" da più di 3 mesi. Età tra 20 e 65 anni (età media : 36 anni)	3 test:- neck flexor endurance test, neck extension endurance test, scapular muscular endurance test.	Affidabilità, MDC.	L'affidabilità è stata eccellente per il neck flexor test (ICC 0.93), moderata per lo scapular test (ICC 0.67) e buona per il neck extensor test (ICC 0.88). I corrispondenti valori SEM erano 6.4, 10.9 e 25.8 secondi. MDC per il neck flexor è di 17 secondi, per il test scapolare di 30 secondi, per il neck extensor 70 secondi.	Questi test richiedono poche apparecchiature, sono facili da applicare e hanno il potenziale per essere usati nella pratica clinica. In questo studio, per mantenere la posizione della testa e la flessione del collo sono stati dati feedback tattili e verbali. Questo feedback potrebbe aiutare a ridurre i problemi con la consapevolezza del movimento e assicurare una misura più accurata della capacità di resistenza. Un test che è capace di determinare differenze tra individui o gruppi ha bisogno di un alto livello di affidabilità. Basandoci sui risultati di questo studio, il neck flexor test e il neck extensor test possono essere utili per questo scopo per il loro alto ICC. D'altra parte, la moderata affidabilità del test scapolare lo rende meno adatto per
2. The intra- and inter-rater reliability of five clinical muscle performance tests in patients with and without neck pain. (Juul T e al. 2013)	Intra-rater and inter-rater design. L'obiettivo è valutare l'affidabilità clinica di 5 test di performance muscolare in pazienti con e senza neck pain.	63 partecipanti divisi in 2 gruppi, (33 con neck pain e 30 senza neck pain). Maggiorenni. 2 partecipanti sono usciti dallo studio per un aumento dei sintomi dopo la prima sessione di test.	5 test di performance muscolare (eseguiti due volte con due esaminatori diversi dopo 10 min di riposo): JPE modificato (paziente indossa un cappello, con un nastro centimetrato attaccato sul retro della testa in senso sagittale e frontale), CCFT, NFME (versione modificata del CCFT: il paziente indossa un cappello con un nastro centimetrato. Un laser è posto su una superficie dietro il paziente. Il paziente esegue il test come nel CCFT. Termina quando il laser fuoriesce dal nastro centimetrato), NFME con paziente seduto a 45° di inclinazione, NECK EXTENSOR TEST.	Affidabilità.	AFFIDABILITA' INTRA-RATER: I valori di ICC sono compresi tra 0.14 e 0.82 e quindi l'affidabilità oscilla tra insignificante a quasi perfetta. Per il JPE i valori ICC variano da 0.50 a 0.80 indicando un'affidabilità da moderata a perfetta. Per il CCFT, i valori ICC sono compresi tra 0.69 e 0.81. L'affidabilità quindi oscilla tra notevole e perfetta. Tra i due test NFME, il più affidabile si è rivelato essere quello da supino (ICC 0.61- 0.85). Per quanto riguarda il NET invece, l'affidabilità oscilla tra insignificante e moderata. AFFIDABILITA' INTER-RATER: Per i test JPE è moderata per la rotazione, con valori ICC tra 0.51-0.57. Per l'estensione i valori ICC sono compresi tra 0.51 e 0.69. Per gli altri test JPE, è stata osservata una notevole affidabilità (ICC> 0.69). Per il CCFT l'affidabilità inter-rater è quasi perfetta con valori ICC di 0.85 alla prima sessione e 0.86 alla seconda. Per quanto riguarda i test NFME, l'affidabilità inter-rater generale dei test è notevole (ICC>70). Ma i valori di LOA erano molto vari, indicando errori tra i due esaminatori. Sono emersi anche valori importanti di SEM, soprattutto per la versione seduta del test. Per quanto riguarda il NET, invece, i valori hanno mostrato solo un'affidabilità da insignificante a discreta. Sia i valori di LOA che di SEM hanno mostrato errori e inconsistenze.	Lo studio ha mostrato una quasi perfetta affidabilità per questi test, tranne per il NET che al massimo arriva a essere discreta. La grande variabilità osservata suggerisce che test come il NET e il NFME modificato (seduto) sono troppo instabili per essere usati per valutare la performance muscolare. Inoltre, per quanto riguarda il CCFT, è stato dimostrato che il MCD deve essere almeno 5mmhg.
3. Reliability of movement control tests on the cervical spine. (Maja Patroncini e al. 2014)	Inter-tester reliability study. L'obiettivo è valutare l'affidabilità di alcuni test di controllo motorio attivo del rachide cervicale e di proporre una batteria di test che è facile ed efficiente in clinica.	45 partecipanti: 31 con INP o neck pain traumatico e 14 sani.	13 test: rotazione, inclinazione laterale, estensione CTJ, movimento di nodding al muro, "upper cervical spine", flesso/estensione a full range, "upper body forward/backward", elevazione bilaterale di spalla, flessione unilaterale del braccio, flessione a 90° del braccio con peso, piegamento in avanti in piedi, flessione del collo in posizione supina, rotazione/rotazione	Affidabilità inter-rater.	I valori di K erano tra 0.47-1. I test con la più alta affidabilità sono (elevazione bilaterale di spalla" e "piegamento in avanti in piedi" (kappa di 1). Il test con affidabilità più scarsa è la rotazione con K inferiore a 0.6 e 95% CI di 0.04-0.89. Nonostante la grande variabilità tra i singoli test, i risultati mostrano una buona affidabilità complessiva.	I pazienti con neck pain hanno eseguito 4.6 test su 13 in maniera non corretta. Mentre i soggetti sani solo 2.7. Questa differenza è statisticamente significativa (p<0.01) anche se questo non era l'obiettivo dello studio. E' la prima volta che uno studio analizza l'affidabilità di una batteria di test invece che di uno solo. Studi futuri dovrebbero indagare qual è la combinazione di test migliore per differenziare sani da pazienti.
4. Head-eye movement control tests in patients with chronic neck pain; inter-observer reliability and discriminative validity. (Della Casa E ed al. (2014))	Cross-sectional. Gli obiettivi sono: - sviluppare una batteria di test; - valutare l'affidabilità inter-tester di 10 head-eye coordination tests; - determinare la validità discriminante di questi test in pazienti con CNP comparati a	42 partecipanti: 23 con neck pain cronico aspecifico da almeno 3 mesi + almeno un sintomo tra vertigine, stordimento o disturbi visivi. 19 sani. Età tra 25 e 70 anni.	5 test di coordinazione occhio-testa: 1)eye movements in posizione neutra, 2)gaze stability , 3)sequential head and eye movement , 4)eye movement con rotazione del collo a 45° a destra , 5)eye movement con rotazione del collo a 45° a sinistra . Questi test sono stati eseguiti in posizione seduta e poi ripetuti in piedi con i piedi uniti.	Affidabilità inter-tester e validità discriminante.	L'affidabilità è quasi perfetta in 3 test (wk>0.80 in gaze stability, sequential head eye movement e eye movement con rotazione del collo di 45° a destra in piedi); affidabilità notevole in 5 test (wk 0.69-0.79) e moderata in 2 test (wk 0.54-0.59). La validità discriminante è supportata con valori tra 13 e 18 di DOR con persone con almeno 2 test positivi su 5. Ciò significa che persone con neck pain cronico che hanno una probabilità maggiore di 13-18 volte di avere almeno 2 test positivi rispetto ai sani.	Non sono state dimostrate differenze significative tra l'eseguire i test da seduto o in piedi quindi la batteria di test potrebbe essere ridotta a 5 invece di 10 e probabilmente sarebbe meglio farli in posizione seduta in modo da minimizzare il rischio di cadute in pazienti con vertigine. Ulteriori studi dovrebbero valutare l'affidabilità test-retest.
5. Reliability, construct and discriminative validity of clinical testing in subjects with and without chronic neck pain. (René Jørgensen e al. 2014)	Reproducibility study. L'obiettivo è indagare l'affidabilità di 6 test e la loro validità discriminante e di costruito.	42 partecipanti: 21 con neck pain cronico (da almeno 6 mesi) e 21 sani.	CCFT, ROM, JPE, GAZE STABILITY, SPNT, DCE (neuromuscular control of the Deep Cervical Extensors), SWAY (postural control), PPT (Pressure Pain Threshold)	Affidabilità intra-inter per i primi 6 test; affidabilità test-retest per gli ultimi due; validità discriminante; validità di costruito.	I valori ICC per l'affidabilità intra-inter più alti sono stati per il ROM (0.84-0.94), DCE (0.75-0.90) e per CCFT (0.63-0.86). I valori più bassi per JPE (0.02-0.66). L'affidabilità intra-inter per GS e SPNTT hanno mostrato rispettivamente valori di k tra 0.66 e 0.92 per il gaze e valori tra 0.57 e 0.78 per SPNT. Per lo studio test-retest per PPT i valori di ICC sono 0.83-0.89 e 0.39-0.79 per lo SWAY. La validità di costruito è soddisfacente per tutti i test tranne che per JPE. La validità discriminante è significativa per CCFT, ROM, SPNTT e PPT anche se le differenze erano entro i limiti del MCD.	La maggior parte dei test esaminati sono affidabili e hanno mostrato una validità di costruito soddisfacente. Anche gli esaminatori non avevano esperienza con i test, questo protocollo ha mostrato che con un training sono stati comunque ottenuti per la maggior parte dei test, buoni valori di affidabilità.

6. Neck Pain and Proprioception Revisited Using the Proprioception Incongruence Detection Test. (Harvie DS et al. 2015)	Cross-sectional. L'obiettivo è capire se le imprecisioni propriocettive dei pazienti con neck pain possono essere valutate utilizzando il PID test.	24 partecipanti (6 uomini, 18 donne; età media 44 anni) con dolore al collo di lunga durata (da più di 8 settimane) e 24 controlli appaiati per età e sesso (età media 45 anni).	PID TEST (Proprioception Incongruence Detection). I partecipanti dovevano riconoscere la differenza tra la rotazione effettiva della testa e quella suggerita dalla realtà virtuale. 7 prove ognuna delle quali eseguita a 6 diversi scenari di rotazione. I 6 ambienti manipolavano la realtà virtuale simulando la rotazione al 60%, 76%, 92%, 108%, 124% e 140% della rotazione vera in modo da creare vari gradi di incongruenze e diversi livelli di difficoltà. RSE test (6 prove, 3 dx e 3sx).	Affidabilità. Correlazione tra PID e RSE.	Il Test PID è stato dimostrato avere una forte correlazione tra le misure ripetute, mostrando che il test ha un'ottima affidabilità (ICC .74). I punteggi del test RPE e PID non erano correlati quando analizzati su tutti i 48 partecipanti, né quando analizzati all'interno dei gruppi di dolore al collo e di controllo.	Le persone con dolore al collo sono meno precise nel rilevare l'incongruenza rispetto ai controlli sani e questo deficit era correlato all'intensità del dolore. Non è stata trovata una correlazione tra i due test tuttavia, essi interrogano evidentemente proprietà simili, quindi ci si aspetterebbe una relazione. Forse questo risultato suggerisce che il Test PID e il test RPE valutano aspetti diversi della propriocettività, che è certamente una capacità multidimensionale. Questo studio, rappresenta il primo lavoro di sviluppo ed esame del Test di Rilevazione dell'Incongruenza della Propriocezione (PID) in una popolazione clinica. Pertanto, sebbene i risultati siano promettenti, è evidente che necessitano di essere replicati.
7. Inter- and intra-tester reliability of a battery of cervical movement control dysfunction tests. (Segarra V et al. 2015)	Inter and intra-tester reliability study. Gli obiettivi sono: - valutare l'affidabilità di una batteria di test per il controllo motorio; - valutare l'effetto dell'esperienza del clinico sull'affidabilità; - capire se performance scorrette sono più frequenti in pazienti con NP comparati a sani.	32 partecipanti: 13 con neck pain cronico idiopatico. Età compresa tra 18 e 60 anni. Sintomi presente da 3 mesi o più. 17 partecipanti sani.	Batteria di 9 test : - estensione cervicale attiva in quadrupedia, rotazione del rachide cervicale alto in quadrupedia, flessione cervicale attiva in quadrupedia, estensione cervicale attiva in posizione seduta e ritorno alla posizione neutra, flessione bilaterale delle braccia in piedi, "rocking backwards" sui talloni, flessione unilaterale del braccio in piedi, rotazione cervicale attiva in posizione seduta.	Affidabilità inter e intra-tester.	L'affidabilità intra-tester per la batteria completa dei test è stata eccellente per l'esaminatore esperto (k 0.86; 95%CI: 0.79, 0.92) e notevole per l'esaminatore inesperto (k 0.76; 95% CI: 0.68, 0.84). Non c'erano differenze significative nell'affidabilità intra-tester tra i due esaminatori (p 0.06). 4 test avevano quasi una concordanza perfetta (k > 0.80) e 5 una concordanza notevole (k 0.61-0.80). Il test di flessione unilaterale del braccio ha mostrato l'affidabilità intra-rater più alta e la flessione cervicale attiva in quadrupedia quella più bassa. L'affidabilità inter-tester è stata notevole (k 0.69; 95%CI: 0.62-0.76) per l'intera batteria di test. Per quanto riguarda l'affidabilità inter-tester di ciascun test, uno ha mostrato affidabilità eccellente (k > 0.80), 5 notevole (k 0.61-0.80), uno moderata (k 0.41-0.60) e 2 discreta (k 0.21-0.40). La rotazione cervicale attiva da seduto è stato il test con affidabilità inter-tester migliore. (k 0.81; 95% CI: 0.58-1). "Rocking backwards" sui talloni e la flessione unilaterale del braccio in piedi sono stati i test meno affidabili con valori di k rispettivamente di 0.36; 95%CI: 0.12-0.68 e 0.32; 95%CI: 0.08-0.63.	L'affidabilità intra-rater tra i due esaminatori era tutto sommato comparabile. Ciò dimostra che anche i fisioterapisti inesperti, dopo un training, possono utilizzare la batteria di test con una buona accuratezza. Successive ricerche saranno necessarie per esplorare meglio questi test, probabilmente in tempo reale, in altri e più grandi gruppi di persone con neck pain per indagare ancora meglio la loro accuratezza diagnostica (sensibilità e specificità) per identificare un MCD.
8. Head repositioning accuracy in patients with neck pain and asymptomatic subjects: concurrent validity, influence of motion speed, motion direction and target distance. (Dugaill PM et al 2015.)	Cross-sectional. Gli obiettivi sono: - investigare l'accuratezza del riposizionamento della testa in pazienti con NP; - capire l'influenza di velocità, direzione del movimento, dolore e distanza target.	35 partecipanti con NP cronico (24 donne e 11 maschi). 36 partecipanti sani (22 donne e 14 uomini). Età tra 30 e 55 anni.	HRT : il test è stato eseguito con cappello con laser puntato verso il muro a distanza di 180 cm per i partecipanti con neck pain; i partecipanti asintomatici, invece, hanno eseguito il test anche a 90 cm di distanza dal muro. Il test è stato eseguito per 6 ripetizioni per la rotazione dx e 6 per la rotazione sx e in seguito anche per flessione ed estensione. Infine, l'intero protocollo è stato eseguito a una velocità maggiore scelta dai partecipanti.	Accuratezza, validità concorrente, MCD.	Per quanto riguarda MCD, valori più bassi sono stati trovati per il test eseguito a 180 cm di distanza con velocità di movimento maggiore. Inoltre valori ICC discreti/moderati sono stati dimostrati per il test eseguito a velocità bassa mentre valori buoni /eccellenti sono stati dimostrati per il task a velocità maggiore e a distanza di 180 cm. Tutto ciò indipendentemente dalla direzione di movimento.	Basandosi su questi risultati, HRT rappresenta un test poco costoso, veloce, semplice, utilizzabile in clinica. Una maggiore accuratezza è stata osservata a 180 cm di distanza comparandola con i 90 cm. Inoltre una più veloce esecuzione del movimento potrebbe essere raccomandata. La misurazione dell'affidabilità è stata eseguita solo su 5 pazienti.
9. Intra- and inter-rater reliability of neutral head position and target head position tests in patients with and without neck pain. (Alahmari K et al. 2017)	Intra-rater (between days) and inter-rater (within days) design. L'obiettivo è valutare l'affidabilità dei test NHP e THP.	36 partecipanti con neck pain e 33 sani. Età maggiore di 18. 1 paziente è uscito dallo studio per aumento dei suoi sintomi dopo la prima prova.	NHP (ritorno alla posizione neutra partendo da estensione cervicale). THP (target head position: flessione, estensione, inclinazione laterale dx-sx, rotazione dx-sx). Valutazione con inclinometro. I partecipanti hanno eseguito prima entrambi i test esaminati dall'esaminatore A e poi, dopo, 15 min di pausa li hanno ripetuti con l'esaminatore B.	Affidabilità intra-rater, MCD, affidabilità inter-rater.	Affidabilità intra-rater di NHP buona con valori di ICC tra 0.74 e 0.78, SEM tra 1.78 e 1.88, MCD tra 4.91 e 5.19. Per i test THP, l'affidabilità intra-rater è buona con valori di ICC compresi tra 0.64 e 0.83. MDC varia da 0.50" a 1.88" e il SEM varia tra 0.55" e 0.68". L'affidabilità inter-rater per NHP buona con valori ICC tra 0.74 e 0.79. L'affidabilità inter-rater per i test THP è buona con valori ICC > 0.66. MCD compresi tra 1.52 e 1.77.	Entrambi gli esaminatori avevano esperienza nella misurazione della cervical position sense. Probabilmente senza questa caratteristica, i risultati sarebbero stati diversi. I risultati dei test THP mostrano che i maggiori errori sono stati fatti nei movimenti di flessione/estensione e nei movimenti di rotazione. Entrambi i test in questo studio hanno dimostrato che i pazienti con neck pain commettono molti più errori rispetto ai sani.

10. Validity of clinical measures of smooth pursuit eye movement control in patients with idiopathic neck pain. (Daly L e al. 2018)	Cross-sectional. Valutare l'affidabilità del test SPNT comparato con l'elettrooculografia.	40: 20 sani e 20 con INP da almeno 3 mesi con NDI 10/100. Età 18-65.	Smooth Pursuit Neck Torsion (SPNT) formale (movimento oculari valutati con EOG) e clinico (movimenti oculari valutati dai clinici con videocamera). In entrambi i casi i partecipanti dovevano seguire il laser (per il test formale) e il dito dell'esaminatore (per il test clinico) a un'ampiezza di movimento di 40° con una velocità di 20°/s per 10 ripetizioni. Il test è stato eseguito prima in posizione neutra e poi con rotazione di 45° del collo sia a dx che a sx.	validità, affidabilità, sensibilità.	test formale: sensibilità 63,6 %. Specificità 89,6%. Concordanza tra gli investigatori 82,5 %. Accordo con elettrooculografia 80%. Test clinico: concordanza con elettrooculografia 65%, sensibilità 27,27% e specificità 79,31%.	Il test visivo ha una ragionevole specificità e può essere utilizzato come strumento clinico per valutare gli individui con disturbi del movimento degli occhi associati al dolore al collo. Tuttavia, poiché l'affidabilità del test è stata solo del 60%, ci sarebbe bisogno di ulteriori valutazioni per determinare l'effettiva validità e affidabilità del test SPNT come strumento diagnostico.
11. Intra and interrater reliability and clinical feasibility of a simple measure of cervical movement sense in patients with neck pain. (Werner IM e al. 2018)	Cross-sectional. L'obiettivo è capire se la valutazione del video del test CMS è affidabile e fattibile nell'uso clinico.	20 partecipanti con neck pain o WAD II.	CMS (F8 e ZZ) I partecipanti dovevano seguire le linee di ciascun pattern con un laser fissato sulla loro testa. Sono stati istruiti ad eseguire il task "più accuratamente possibile" o "più accurato e veloce possibile" e in due direzioni, in senso orario o antiorario partendo dal centro di ciascuna figura. Per tutti i test, il percorso del laser è stato filmato con una webcam posta a 50 centimetri di fronte al paziente.	Affidabilità intra-rater, affidabilità inter-rater, validità discriminante del protocollo completo dei due test.	affidabilità intra-rater perfetta per il tempo impiegato (1,0, SEM <0,01 quasi perfetta per la frequenza di errore e variava per F8 tra 0,81-0,97 (SEM 0,59-2,50) e per ZZ tra 0,95-0,99 (SEM 0,09-0,50). L'affidabilità inter-rater per il tempo per entrambi i pattern e le velocità è stata perfetta (1,0, SEMs da <0,01 a 0,05), quasi perfetta per la frequenza di errore con F8 che variava tra 0,76 e 0,91 (SEMs 0,47-1,74) e ZZ = 0,80-0,84 (SEMs 0,48-0,78).	Nel complesso, i risultati combinati, considerando l'accuratezza intra ed inter valutatore e la fattibilità, suggeriscono che il tempo impiegato e la frequenza degli errori durante il compito accurato, in particolare utilizzando il modello ZZ, sono le misure che hanno il maggior potenziale per l'uso clinico.
12. Reliability, measurement error and construct validity of four proprioceptive tests in patients with chronic idiopathic neck pain. (Gonçalves C, Silva AG. 2019.)	Reliability and validity study. Gli obiettivi sono: - valutare alcune proprietà clinometriche di 4 test propriocettivi; - indagare la validità divergente di questi test correlandoli a catastrofizzazione, paura del movimento e disabilità.	66 partecipanti, di cui 33 pazienti con dolore cronico al collo idiopatico e 33 controlli sani asintomatici. In entrambi i gruppi c'erano 26 donne e 7 maschi.	protocollo di 4 test: HRNT (head repositioning to neutral); HR30T (head repositioning to 30° rotation), TT (torsion test) e F8T (figure of 8-relocation test). I partecipanti hanno eseguito i test due volte. Le due sessioni sono state eseguite a distanza di 24 o 48 ore. I partecipanti per ogni test hanno eseguito 6 ripetizioni a dx e 6 a sx indossando un cappello con un laser puntato a 90 cm di distanza dal muro.	Affidabilità intra-rater; validità discriminante; validità convergente; validità divergente (correlazione tra test analizzati e paura del movimento, catastrofizzazione e disabilità).	Affidabilità intra-rater nella sessione va da moderato ad eccellente sia nel gruppo con NP (ICC compreso tra 0.73 e 0.93) che nel gruppo asintomatico (ICC compreso tra 0.73 e 0.93). Tutti i test hanno mostrato una buona o eccellente affidabilità, ad eccezione dell'HR30T nel gruppo NP, che ha mostrato una affidabilità moderata o buona. L'ICC per l'affidabilità intra-rater tra le sessioni è variato da moderato a buono sia nel gruppo di partecipanti con NP (ICC compreso tra 0,58 e 0,85) che nel gruppo asintomatico (ICC compreso tra 0,55 e 0,83). L'HRNT e l'F8T hanno mostrato una affidabilità moderata o buona in entrambi i gruppi e il TT e l'HR30T hanno mostrato una affidabilità moderata. Per la validità discriminante: Tutti i test tranne l'HR30T erano significativamente diversi (più alti nel gruppo NP) tra i partecipanti con e senza NP per almeno un movimento di rotazione ($p < 0,05$). Solo l'HRNT ha mostrato un'area sotto la curva (AUC) e un intervallo di confidenza del 95% sopra lo 0,5 sia per la rotazione a destra che a sinistra (AUC95% = 0,51; 0,78, $p \leq 0,042$). Validità convergente: L'F8T ha mostrato correlazioni superiori allo 0,3 con l'HR30T ($r = 0,56$ per la rotazione sinistra e $r = 0,55$ per la rotazione destra) e l'HRNT ($r = 0,35$ per la rotazione sinistra e $r = 0,61$ per la rotazione destra). Inoltre, l'HRNT ha mostrato correlazioni superiori a 0,3 con il TT per la rotazione sinistra ($r = 0,31$) e con l'HR30T per la rotazione destra ($r = 0,57$). Il TT ha mostrato correlazioni con gli altri tre test che erano in generale inferiori allo 0,3. Validità divergente: i coefficienti di correlazione tra i test e disabilità, paura e catastrofizzazione erano inferiori a 0,3	Non è stata valutata l'affidabilità inter-rater. I 4 test hanno mostrato affidabilità abbastanza buona per confronti tra gruppo ma di limitata utilità per valutare la progressione individuale. Il test HRNT sembra essere migliore a discriminare paziente con NP e asintomatici e più facile da eseguire in pratica clinica.
13. Inter-Visit Reliability of Smooth Pursuit Neck Torsion Test in Patients with Chronic Neck Pain and Healthy Individuals. (Majken Rosker Z, Vodcar M, Kristjansson E. 2021)	Reliability study. L'obiettivo è indagare l'affidabilità del test SPNT quando si applicano diverse ampiezze e velocità di movimento.	64 partecipanti: 32 con neck pain cronico (23 donne e 9 uomini), età media 46.2; 32 sani (19 donne e 13 uomini), età media 37.8. I pazienti con neck pain dovevano avere sintomi da almeno 6 mesi. 1 partecipante sintomatico ha abbandonato lo studio.	SPNT . Il test è stato indagato in 3 posizioni (neutra, rotazione collo a 45° a destra, rotazione collo a 45° a sinistra). I soggetti sono stati testati a tre velocità (20°/s, 30°/s, 40°/s) e a tre diverse ampiezze di movimento (30°, 40°, 50°).	Affidabilità inter-visit per diverse ampiezze, velocità, per la posizione neutra e per quella in torsione.	I valori ICC per il gruppo sintomatico variano da moderati a buoni. Le condizioni più affidabili sono quelle con le ampiezze di movimento a 40°/50°, soprattutto i 50°. La posizione neutra ha mostrato valori ICC più alti rispetto alla posizione di torsione, tranne per il test eseguito con 50° di ampiezza e velocità di 20°/s.	Il test eseguito con 50° di ampiezza ha mostrato l'affidabilità maggiore in entrambi i gruppi. Entrambi i gruppi hanno mostrato affidabilità maggiore con la posizione neutra rispetto a quella di torsione.

14. Reliability and discriminative validity of a screening tool for the assessment of neuromuscular control and movement control in patients with neck pain and healthy individuals. (De Pauw R e al 2022.)	Cross-sectional. Gli obiettivi sono :- Valutare l'affidabilità di due test (versioni modificate di CCFT E scapular holding test); -valutare la loro validità discriminante.	25 pain free (18 donne e 7 uomini) e 25 con neck pain (17 donne e 8 uomini).	Scapular holding test e CCFT. (versioni modificate) Le versioni modificate includono una parte aggiuntiva che testa in maniera specifica la performance mentre il paziente fa 5 ripetizioni attive del movimento richiesto.	Affidabilità intra-rater, affidabilità inter-rater.	CCFT Intra-tester: buona ICC di 0,69 e un SEM di 1,33. Inter-tester buona ICC di 0,75 e un SEM di 1,29. Per SHT lato sinistro: buona affidabilità intra-tester con un ICC di 0,63 e un SEM di 1,49, e un'eccellente affidabilità inter-tester con un ICC di 0,83 e un SEM di 1,35. Per SHT lato destro: buona affidabilità intra-tester del SHT sul lato destro con un ICC di 0,66 e un SEM di 1,33, e una buona affidabilità inter-tester con un ICC di 0,62 e un SEM di 1,35. Validità discriminante- modello 1 : sens.86%, spec.57%,+LR2,-LR 0.25, accuratezza 71%. Validità discriminante- modello 2 : sens 70%, spec 50%, +LR 1.4, -LR 0.6, accuratezza 0.64.	I test inclusi hanno mostrato gradi di affidabilità che variavano da moderati (0,47) a perfetti (1,0), il che indica il potenziale utilizzo di questa batteria di test nella clinica quotidiana.
15. The influence of neck torsion and sequence of cycles on intra-trial reliability of smooth pursuit eye movement test in patients with neck pain disorders. (Majcen Rosker e al 2022.)	Reliability study. L'obiettivo è esplorare gli effetti della torsione del collo, velocità del movimento target e ampiezza del movimento sull'affidabilità del test SPNT.	64 partecipanti : 32 con neck pain cronico e 32 sani. Età tra 18 e 65 anni. I pazienti con dolore dovevano averlo da almeno 6 mesi con VAS di 4/10 almeno.	SPNT : il test è stato eseguito in posizione neutra e con rotazione del tronco a 45° sia a destra che a sinistra. Per ogni test i pazienti dovevano tracciare 10 cicli di target sinusoidale con un riposo di 60 secondi. Il test è stato eseguito a 3 velocità diverse e 3 diverse ampiezze di movimento.	Affidabilità intra-trial tra la prima e la seconda metà dei cicli eseguiti.	In generale, l'affidabilità in entrambi i gruppi varia da buona ad eccellente in posizione neutra e con il tronco ruotato a sinistra; mentre va da moderata ad eccellente per il tronco ruotato a destra. Per quanto riguarda la differenza di affidabilità tra i primi cicli e gli ultimi, non sono emerse differenze nel test eseguito in posizione neutra, in entrambi i gruppi. Per quanto riguarda i pazienti con neck pain, la performance si è ridotta negli ultimi cicli eseguendo il test nelle posizioni di torsione. Questo non è stato visto nel gruppo dei partecipanti sani.	I pazienti con neck pain presentano una performance ridotta quando il loro collo è in posizione di torsione. Di conseguenza, mantenere la posizione di torsione per un tempo prolungato potrebbe alterare maggiormente il controllo sensori-motorio. Di conseguenza, questo studio suggerisce che probabilmente gli ultimi cicli del test sono più attendibili.
16. Proprioceptive Disturbance in Chronic Neck Pain: Discriminate Validity and Reliability of Performance of the Clinical Cervical Movement Sense Test. (Ulrik Röjjezon e al. 2022)	Cross-sectional. L'obiettivo è esplorare l'affidabilità test-retest per determinare la rièetibilità del test quando si esegue due volte.	106 partecipanti : 26 con neck pain idiopatico, 28 neck pain traumatico, 52 sani. 60 di questi (17 INP, 13 TNP, 30 sani) hanno eseguito il test una seconda volta per misurare l'affidabilità test-retest. Per i pazienti sintomatici, il dolore doveva essere presente da almeno 3 mesi. Età tra i 20 e i 65 anni.	CMS (cervical movement sense test) con analisi automatizzata. Sono state valutate la velocità, l'acuità, il tempo e la "Normacuity" (acuità diviso tempo). L'acuità è stata calcolata come la percentuale del tempo in cui il laser rimaneva sulla linea nera. La velocità è stata calcolata in mm/s e il tempo è stato calcolato in secondi per finire il compito. L'obiettivo era seguire con il laser la linea. 3 prove per ogni direzione per un totale di 12 prove per ciascun partecipante.	Validità discriminante, affidabilità test-retest.	I valori di ICC per l'affidabilità delle variabili in questione variano da 0.84 e 0.96. Per quanto riguarda le variabili, acuità e velocità hanno scarsa capacità di discriminare i pazienti con neck pain dai sani, mentre la "normacuity" si è rivelata la variabile più utile per discriminare i gruppi. Infatti, a differenza dei sani, essa era significativamente ridotta nei INP (p=0.023) e nei TNP (p=0.024). La valutazione dell'affidabilità test-retest ha portato valori ICC da buoni a perfetti.	Anche se la raccolta dati automatizzata aggiunge la valutazione di importanti caratteristiche (acuità e velocità), la sua implicazione clinica è sempre limitata dalla complessità tecnica comparata con la valutazione del video eseguita con l'occhio umano. Quindi, sicuramente per i clinici è più fattibile il test valutato con l'occhio umano. D'altra parte però, la valutazione con la tecnologia, che permette una valutazione più accurata della performance, sarà superiore e più fattibile in futuro con il rapido sviluppo tecnologico in questo campo.
17. Reliability of the Joint Position Sense Error Test for Women With Neck Pain and Asymptomatic Men and Women. (Marina Machado e al 2022)	Reliability study. Gli obiettivi sono: - valutare l'affidabilità intra-rater del test JPSE usando un metodo di valutazione facilmente utilizzabile in clinica; - comparare JPSE tra uomini e donne.	41 partecipanti : 14 uomini sani, 14 donne sane e 13 donne con neck pain.	JPSE test (10 prove di rotazione dx e 10 a sx a 90 cm di distanza dal muro). Esso è stato eseguito 2 giorni, con almeno 7 giorni di distanza l'uno dall'altro. Il test è stato eseguito con una metodologia replicabile in clinica, senza strumenti tecnologici.	Affidabilità intra-rater tra giorni, MCD.	Il gruppo con neck pain ha mostrato valori ICC più alti (0.866 e 0.773 = buona affidabilità) rispetto ai gruppi asintomatici che hanno mostrato un' affidabilità povera. Questo è confermato dall'analisi Bland-Altman per la rotazione dx che ha mostrato un miglior accordo tra i due giorni di valutazione per il gruppo con neck pain comparato con gli asintomatici (MD vicino a 0 e LOA più piccolo). Per il gruppo sintomatico MCD è 1.08 per la rotazione destra e 2.01 per la sinistra.	Questo studio ha valutato l'affidabilità del test usando una metodologia di facile applicabilità che può essere usata in clinica. Un piccolo MDC associato ad alti valori di ICC indicano che un test è affidabile. Questo supporta la raccomandazione che il JPSE test può essere usato in pazienti con neck pain. Studi futuri comunque dovrebbero valutare l'affidabilità del test ma con un campione più ampio.
18. Can the balance evaluation systems test be used to identify system-specific postural control impairments in older adults with chronic neck pain? (Madsalae T e al 2022.)	Cross-sectional. L'obiettivo è capire se il BES test può identificare problemi di controllo posturale in pazienti con CNP.	110 partecipanti: 30 giovani sani con età tra i 20 e i 40 anni, 60 adulti sani con età maggiore o uguale ai 60 anni, 20 persone con neck pain cronico con età maggiore o uguale ai 60 anni. La maggior parte dei partecipanti erano donne.	BES test (Balance evaluation system test).	Affidabilità intra-rater, sensibilità, specificità, +LR, -LR.	I risultati mostrano che l'affidabilità intra-rater è alta (ICC= 0.96). La sensibilità e la specificità sono alte (rispettivamente 72 % e 69%).	Il BES test può essere usato per valutare la compromissione del controllo posturale specifico in pazienti più anziani con e senza neck pain cronico visto che i risultati hanno dimostrato significative differenze tra i tre gruppi analizzati (giovani, anziani, con sintomi) Quindi può essere usato come test di screening e si è visto che le sezioni più utili sono la I, la III e la IV.

3.2 TRATTAMENTO

3.2.1 FLOW-CHART PER LA SELEZIONE DEGLI STUDI

La ricerca degli studi sul database MEDLINE, tramite PubMed, e sul database The Cochrane Library, eseguita il 21 marzo 2023, ha fornito 394 risultati. Da questi sono stati eliminati 18 duplicati. Sono stati sottoposti allo screening successivo 376 articoli. In seguito alla lettura dei titoli sono stati esclusi 334 articoli. Dei restanti 42 è stato letto l'abstract e con tale procedura ne sono stati eliminati 33. Di 9 articoli sono stati reperiti e analizzati i full-text, portando ad escluderne 2. Gli articoli inclusi nella revisione sono pertanto 7. Nella flow-chart (*figura 5*) vengono riportati in modo schematico i risultati della ricerca e la modalità di selezione degli studi.

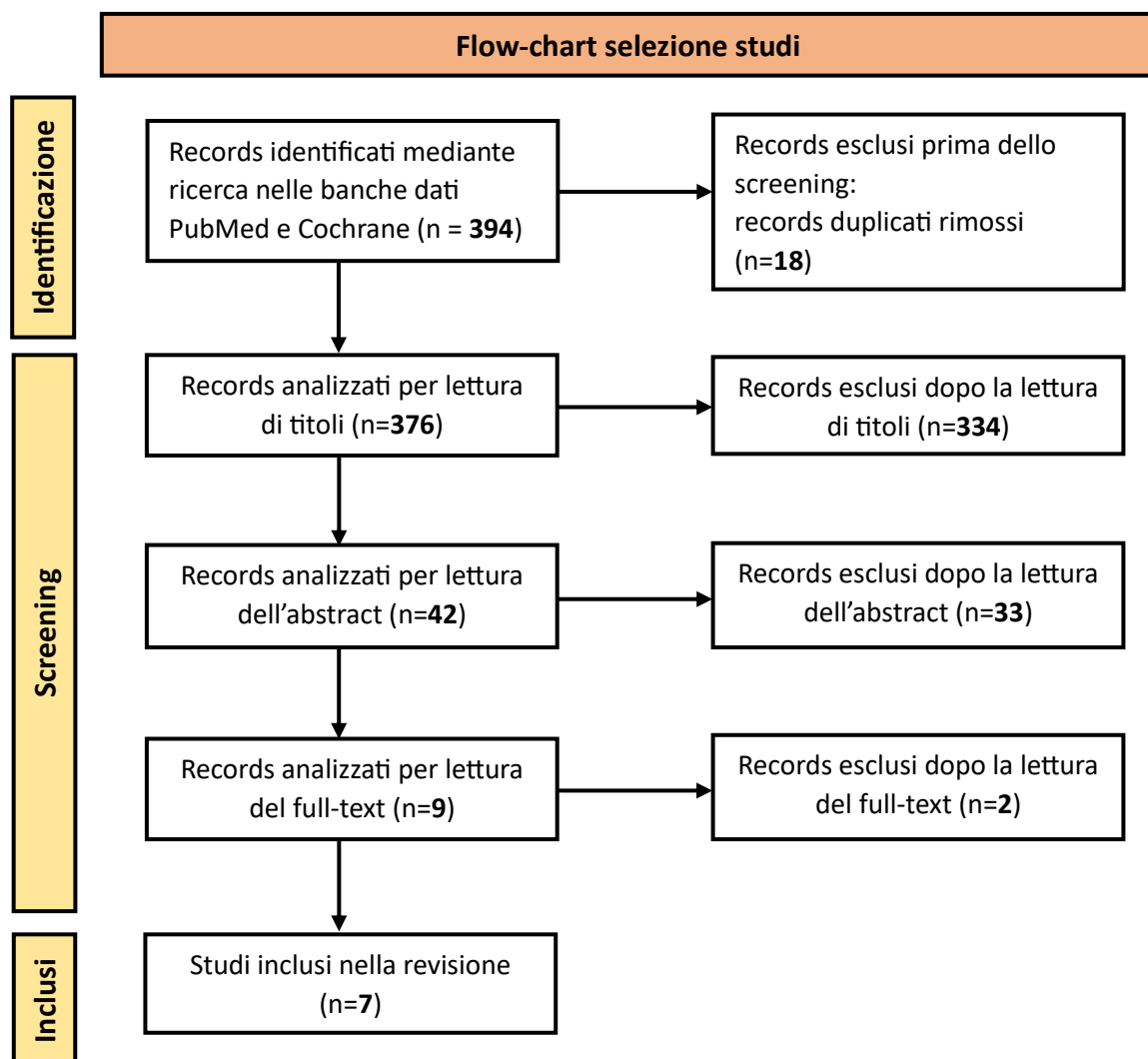


Figura 5: Flow-chart selezione degli studi per il trattamento

3.2.2 VALUTAZIONE RISK OF BIAS

Il risk of bias permette di valutare la presenza di errori sistematici negli articoli che possono andare ad influire sul risultato finale: sovra o sottostimato. I 7 articoli inclusi nella revisione sono stati valutati utilizzando il ROB 2.0 della Cochrane (*tabella 1*).

Unique ID	Study ID	Title	D1	D2	D3	D4	D5	Overall
1	Jinmo Yang et al.	Changes in proprioception and pain in patients with neck pain after upper thoracic manipulation	!	!	+	-	+	-
2	Mehmet DURAY et al.	Effect of proprioceptive training on balance in patients with chronic neck pain	+	!	+	-	+	-
3	Rezaei I. et al.	A Novel Virtual Reality Technique (Cervigame®) Compared to Conventional Proprioceptive Training to Treat Neck Pain: A Randomized Controlled Trial	!	!	+	+	+	!
4	Ferran Cuenca-Martínez et al.	Mental practice in isolation improves cervical joint position sense in patients with chronic neck pain: a randomized single blind placebo trial	+	+	+	+	+	+
5	Daniel García-Pérez-Juana et al.	Changes in Cervicocephalic Kinesthetic Sensibility, Widespread Pressure Pain Sensitivity, and Neck Pain After Cervical Thrust Manipulation in Patients With Chronic Mechanical Neck Pain: A Randomized Clinical Trial	+	+	+	+	+	+
6	Gemma V.ESPÍ-LÓPEZ et al.	Efficacy of a proprioceptive exercise program in patients with nonspecific neck pain: a randomized controlled trial	!	+	+	+	+	!
7	Maryam Saadat et al.	Traditional physical therapy exercises combined with sensorimotor training: The effects on clinical outcomes for chronic neck pain in a double-blind, randomized controlled trial	+	+	+	+	+	+

LEGENDA

+	Low risk
!	Some concerns
-	High risk

D1	Randomisation process
D2	Deviations from the intended interventions
D3	Missing outcome data
D4	Measurement of the outcome
D5	Selection of the reported result

Tabella 1: ROB 2.0

Complessivamente gli articoli analizzati hanno mostrato un buon livello di qualità metodologica. La valutazione ha fatto emergere che 3/7 studi hanno un basso rischio di bias; 2/7 hanno un rischio di bias preoccupante, dovuto alle sezioni “Randomisation process” e “Deviation from the intended interventions”. 2/7 studi hanno invece una bassa qualità metodologica, con un elevato rischio di bias, gli aspetti poco chiari riguardano la sezione “Measurement of the outcome”.

3.2.3 ESTRAZIONE DEI DATI

Nome studio	Autore e anno	Paese	Tipo di studio	Tipo di analisi	Gruppo intervento	Gruppo controllo	Misure di outcome	Follow up	Tipologia di neck pain	Risultati
Changes in proprioception and pain in patients with neck pain after upper thoracic manipulation	Jinmo Yang, Byoungkwon Lee, and Changbeom Kim; 2015	Korea	RCT	Intention to treat	Upper thoracic manipulation: n=15 (F=7; M=8)	Cervical stability training: n=15 (F=8; M=7)	Reposition test (flexion, extension, right and left side-bending); VAS	Dopo 6 settimane di trattamento	Dolore cronico al collo	L'UTM ha mostrato errore di riposizionamento significativamente più piccolo nella flessione e nella flessione laterale destra e sinistra e maggiore riduzione del dolore rispetto al gruppo CST. Entrambi i gruppi UTM e CST hanno mostrato differenze significative nella propriocezione e nel dolore dopo l'intervento.
Effect of proprioceptive training on balance in patients with chronic neck pain	Mehmet DURAY, Şule ŞİMŞEK, Filiz ALTUĞ, Uğur CAVLAĞ; 2018	Turchia	RCT	Intention to treat	Gaze direction recognition exercise (GDRE) + CPT: n=20 (F=16; M=4)	The conventional physical therapy (CPT): n=20 (F=16; M=4)	VAS; NDI; FSST; SLBT	Dopo 3 settimane di trattamento con 5 sessioni a settimana; dopo 3 settimane dall'ultima sessione.	Dolore cronico al collo	Nel gruppo GDRE è stata osservata una riduzione significativamente maggiore delle intensità del dolore al collo, dei livelli di disabilità del dolore al collo e dei punteggi FSST. Non sono state riscontrate differenze significative tra i gruppi per quanto riguarda i punteggi SLBT. Al follow-up a 3 settimane, l'intensità del dolore al collo e i livelli di disabilità al collo nel gruppo GRDE sono risultati significativamente migliori rispetto a quelli del gruppo CPT.
A Novel Virtual Reality Technique (Cervigame*) Compared to Conventional Proprioceptive Training to Treat Neck Pain: A Randomized Controlled Trial	Rezaei I., Razeghi M., Ebrahimi S., Kayedi S., and Rezaeian Zadeh A.; 2019	Iran	RCT	Intention to treat	Virtual reality training (VRT): n=22 (F=9; M=12)	The conventional proprioceptive training (CPT): n=22 (F=11; M=10)	VAS; NDI; YBT	Dopo 4 settimane di trattamento con 2 sessioni a settimana; dopo 5 settimane dall'ultima sessione	Dolore cronico al collo non specifico	Ci sono stati miglioramenti significativi in tutte le variabili in entrambi i gruppi immediatamente dopo e 5 settimane dopo l'intervento. Sono stati osservati maggiori miglioramenti nella scala analogica visiva e nei punteggi dell'indice di disabilità del collo nel gruppo VRT e i risultati per tutte le direzioni nel test di equilibrio Y erano simili in entrambi i gruppi. Non sono stati segnalati effetti collaterali.
Mental practice in isolation improves cervical joint position sense in patients with chronic neck pain: a randomized single-blind placebo trial	Ferran Cuenca-Martínez, Roy La Touche, Jose Vicente León-Hernández, and Luis Suso-Martí; 2019	Stati Uniti	RCT	Intention to treat	Action observation group (AO): n=10 (F=5; M=5); motor imagery group (MI): n=10 (F=5; M=5)	Placebo observation group (PO): n=10 (F=6; M=4)	CJPS; MIQ-R; MC; TSK; NDI; IPAQ	Fine dell'intervento; 10 min dopo l'intervento	Dolore cronico al collo non specifico	I risultati ottenuti nel presente studio hanno mostrato che il gruppo AO ha ottenuto miglioramenti maggiori rispetto al gruppo PO in CJPS per il movimento di estensione cervicale sia alla fine dell'intervento che a 10 minuti dopo l'intervento, nonché nel movimento di flessione cervicale, sebbene solo a 10 minuti dopo l'intervento. Inoltre, il gruppo AO ha ottenuto maggiori miglioramenti rispetto al gruppo MI nel CJPS solo alla fine dell'intervento nel movimento di estensione cervicale. Infine, per quanto riguarda il movimento cervicale di rotazione sinistra, sia l'MI che l'AO erano superiori al PO in entrambi i piani alla fine dell'intervento.
Changes in Cervicocephalic Kinesthetic Sensibility, Widespread Pressure Pain Sensitivity, and Neck Pain After Cervical Thrust Manipulation in Patients With Chronic Mechanical Neck Pain: A Randomized Clinical Trial	Daniel García-Pérez-Juana, PT, MS, César Fernández-de-las-Peñas, PT, PhD, DMS, José L. Arias-Buría, PT, PhD, Joshua A. Cleland, PT, PhD, Gustavo Plaza-Manzano, PT, PhD, DMS, and Ricardo Ortega-Santiago, PT, PhD; 2018	Madrid, Spagna	RCT	Intention to treat	Manipolazione di spinta cervicale (dx): n=18 (F=14; M=4) osx: n=18 (F=15; M=3)	Manipolazione sham: n=18 (F=13; M=5)	JPSE; PPT; NPRS; NDI	15 min dopo l'intervento; dopo 1 settimana dall'intervento	Dolore cronico meccanico al collo	I nostri risultati suggeriscono che la manipolazione spinta del rachide cervicale migliora JPSE, PPT e NDI nei partecipanti. Inoltre le dimensioni dell'effetto del PPT erano medie; tuttavia solo l'articolazione da C5 a C6 ha superato l'MDC. Al contrario, la manipolazione di spinta cervicale non ha migliorato l'intensità del dolore al collo una settimana dopo l'intervento.
Efficacy of a proprioceptive exercise program in patients with nonspecific neck pain: a randomized controlled trial	Gemma V. ESPÍ-LOPEZ, Marta AGUILAR-RODRÍGUEZ, Manuel ZARZOSO, Pilar SERRA-ANÓ, José M. MARTÍNEZ DE LA FUENTE, Marta INGLÉS, Elena MARQUES-SULE; 2021	Valencia, Spagna	RCT	Intention to treat	Gruppo Propriocezione (PG): n=20 (F=16; M=4)	Gruppo mobilità fisica (CMG): n=22 (F=13; M=9)	VAS; NDI; PPT; ROM; HRA (accuratezza nel riposizionamento della testa);	Dopo 10 sessioni di trattamento	Dolore cronico al collo non specifico	I risultati di questo studio dimostrano i migliori effetti terapeutici di un protocollo di intervento che include esercizi propriocettivi cervicali su dolore, disabilità cervicale, ROM e HRA rispetto a un protocollo basato su esercizi di mobilità cervicale. I miglioramenti possono essere ottenuti applicando il trattamento per un breve periodo di tempo.
Traditional physical therapy exercises combined with sensorimotor training: The effects on clinical outcomes for chronic neck pain in a double-blind, randomized controlled trial	Maryam Saadat, Reza Salehi, Hossein Negahban, Mohammad Jafar Shaterzadeh, Mohammad Mehravar, Masumeh Hessam; 2019	Iran	RCT	Intention to treat	Allenamento con esercizi combinati (Gruppo B): n=22 (F=19; M=3)	Allenamento tradizionale (Gruppo A): n=22 (F=20; M=2)	JPSE; VAS; endurance test; step test; 10-MWT; NDI	Dopo 4 settimane di intervento	Dolore cronico al collo non specifico	I risultati del presente studio hanno dimostrato che il programma di esercizi combinati era più efficace nel migliorare il senso della posizione articolare, la resistenza, l'equilibrio dinamico e la velocità di camminata rispetto ai soli esercizi tradizionali.

Tabella 2: Estrazione dei dati

Al termine delle varie fasi di screening, gli articoli presi in considerazione sono stati 7 randomized controlled trial (RCT). Nella *tabella 2* sono riportati gli studi inclusi nella ricerca finale con le relative informazioni: titolo, autore, anno, paese, tipo di studio, tipo di analisi, gruppo di intervento e gruppo di controllo, misure di outcome, follow-up, tipologia di neck pain analizzato e risultati.

Lo studio di Jinmo Yang et al.⁴⁷ ha l'obiettivo di indagare i cambiamenti della propriocezione cervicale e del dolore, in pazienti con dolore cronico al collo, in seguito a manipolazione del rachide toracico alto (UTM). Ne risulta che l'errore di riposizionamento, registrato all'esecuzione del test di riposizionamento post manipolazione, è significativamente più piccolo, nella flessione e nella flessione laterale destra e sinistra, e che la riduzione del dolore è maggiore, rispetto al gruppo sottoposto esclusivamente al training di stabilità cervicale.

Lo studio di Mehmet Duray et al.⁴⁸ si focalizza invece sull'aspetto dell'equilibrio, e sugli effetti di un training propriocettivo, in pazienti con dolore cervicale cronico, e ha chiaramente dimostrato che sia nel gruppo sottoposto a tale training che in quello sottoposto a fisioterapia convenzionale si è registrata una riduzione del dolore. Tuttavia, nel gruppo di controllo non si è verificato alcun effetto sulla dinamica della percezione della disabilità e sull'equilibrio statico. L'allenamento della propriocettività, al contrario, non solo ha ridotto l'intensità del dolore, ma ha ottenuto un effetto sull'equilibrio statico e dinamico.

Lo studio di Rezaei I. et al.⁴⁹ vuole confrontare gli effetti dell'allenamento tramite utilizzo della realtà virtuale con l'allenamento propriocettivo convenzionale, sugli outcome dolore, disabilità ed equilibrio dinamico, in soggetti con dolore cronico al collo. Entrambi i protocolli sono risultati efficaci per i tre outcome, ma, mentre per dolore e disabilità il trattamento con la realtà virtuale ha portato ad un esito migliore, nessuno dei due interventi è stato superiore all'altro nel potenziamento dell'equilibrio dinamico.

Lo studio di Ferran Cuenca-Martínez et al.⁵⁰ vuole indagare se l'allenamento di osservazione dell'azione e l'imaging motorio sono in grado di produrre cambiamenti nel senso della posizione articolare cervicale. I risultati suggeriscono che l'allenamento di osservazione dell'azione è un efficace strumento di neuroallenamento sensorimotorio per migliorare il JPS nelle prime fasi del trattamento, come si evince dagli esiti nei vari piani analizzati, migliori di quelli ottenuti dal gruppo

placebo. L'imaging motorio, invece, potrebbe essere uno strumento utile in riabilitazione, ma con un tempo di allenamento più lungo.

Lo studio di Daniel García-Pérez-Juana et al.⁵¹ si propone di osservare gli effetti di una manipolazione cervicale, contro quelli di una manipolazione sham, negli outcome: JPSE, PPT, disabilità correlata al dolore, in pazienti con dolore cronico al collo di natura meccanica. Emerge un miglioramento degli outcome dovuto alla manipolazione cervicale, subito dopo la somministrazione della stessa; a distanza di una settimana dall'intervento, invece, non vi è alcun miglioramento dell'intensità del dolore al collo.

Lo studio di Espí-López GV et al.⁵² mette a confronto un programma di esercizi propriocettivi, con uno di mobilità cervicale, nel ridurre dolore e disabilità in soggetti con dolore cervicale aspecifico. È emerso un miglioramento in entrambi i gruppi coinvolti, ma, per quanto riguarda l'intensità di dolore, è maggiore il risultato ottenuto dal gruppo che ha svolto esercizi propriocettivi. Questo stesso gruppo ha ottenuto inoltre esiti positivi su: soglia del dolore da pressione, ROM e accuratezza del riposizionamento della testa, non presenti nel gruppo sottoposto a mobilità cervicale.

Lo studio di Maryam Saadat et al.⁵³ indaga gli outcome JPS, dolore, resistenza muscolare, equilibrio e disabilità in pazienti con dolore al collo cronico aspecifico, sottoposti ad esercizi tradizionali combinati con un allenamento sensomotorio, confrontati con soggetti a cui sono stati somministrati esclusivamente esercizi tradizionali. In entrambi i gruppi si è registrata una significativa riduzione dell'intensità del dolore; anche la resistenza dei muscoli flessori del collo è risultata significativamente aumentata, tuttavia, il gruppo di esercizio combinato ha mostrato variazioni più elevate. Nello step test e nel 10MWT con rotazione della testa, invece, solo il gruppo con esercizi combinati ha mostrato un miglioramento. Nessuna differenza è emersa tra i due gruppi nel 10MWT senza rotazione della testa.

4. DISCUSSIONE

4.1 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

4.1.1 VALUTAZIONE

L'obiettivo di questa parte della revisione è stato quello di indagare le proprietà psicometriche dei test per la valutazione del controllo motorio e della disintegrazione somatosensoriale nei pazienti con neck pain. La revisione ha individuato 18 studi osservazionali, soprattutto cross-sectional conformi ai criteri di inclusione ed esclusione precedentemente stabiliti.

Dagli studi inseriti nella revisione emerge che la proprietà psicometrica più indagata è l'affidabilità dei test. Essa, infatti, risulta essere l'obiettivo di quasi tutti gli studi coinvolti.

Inoltre, nonostante l'eterogeneità dei metodi di valutazione per il controllo motorio e la disintegrazione, i test che sono valutati maggiormente dagli studi inclusi possono essere classificati nei seguenti gruppi:

- 1- test di coordinazione occhio-testa
- 2- test di performance muscolare
- 3- test che valutano la capacità di ritorno della testa in posizione neutra o target.

Entrando nello specifico dei risultati emersi, il test più valutato appartenente al primo gruppo risulta essere lo **Smooth Pursuit Neck Torsion (SPNT test)**. Gli studi che valutano le sue proprietà ^{31,32,37,40,42} sono tutti concordi nell'affermare che questo test ha un'affidabilità che varia da buona ad eccellente. Nello studio René Jørgensen e al. (2014) ³² vengono inoltre valutate le validità di costrutto e discriminante che risultano entrambe soddisfacenti e significative; mentre lo studio Treleaven J e al. (2018) ³⁷ valuta anche sensibilità e specificità che risultano essere rispettivamente 27,27% e 79,31%. Di conseguenza, alla luce di questi risultati si può affermare che questo test risulta essere uno strumento diagnostico utile. Inoltre, lo studio Majcen Rosker Z e al. (2022) ⁴² indaga l'affidabilità tra la prima metà e la seconda metà dei cicli eseguiti. Si è visto che, a differenza dei partecipanti sani, nel gruppo dei pazienti sintomatici, la performance si riduce negli ultimi cicli eseguendo il test nella posizione di torsione.

Questo fa sospettare che mantenere la posizione di torsione per un tempo prolungato potrebbe alterare maggiormente il controllo sensori-motorio. Di conseguenza, questo studio suggerisce che in posizione di torsione, probabilmente gli ultimi cicli sono più attendibili. Non ci sono differenze

invece, tra i cicli, in posizione neutra che quindi risulta più affidabile, anche dallo studio Majcen Rosker Z e al. (2021) ⁴⁰ il quale suggerisce, inoltre, che il modo più affidabile di eseguire il test potrebbe essere in posizione neutra con ampiezza di movimento a 40°/50°.

Soltanto in due di questi studi ^{31,32} vengono valutate le proprietà di altri test che fanno parte del primo gruppo precedentemente citato, ovvero il **GAZE STABILITY** e il test **EYE-HEAD COORDINATION**. Da entrambi gli studi emerge comunque un'affidabilità intra e inter-rater quasi perfetta per entrambi i test.

Per quanto riguarda i test di performance muscolare, in particolare per il **NECK FLEXOR ENDURANCE TEST** sono emerse delle discordanze tra i risultati degli studi. Infatti, secondo lo studio di Edmondston SJ e al. (2008) ²⁸ questo test ha un'affidabilità eccellente (ICC: 0.93) con MCD di 17 secondi mentre dallo studio di Juul T e al. (2013) ²⁹ emerge innanzitutto che la versione modificata del test, ovvero in posizione seduta con inclinazione di 45° è poco affidabile e inoltre che anche l'affidabilità del test classico da supino varia tra valori ICC di 0.61 e 0.85. Anche l'affidabilità intra-rater risulta buona, non eccellente e sono emersi molti errori tra gli esaminatori. Inoltre, nel secondo studio il tempo di tenuta del test è quasi il doppio rispetto al tempo del primo. Comunque, la popolazione del primo studio è più giovane rispetto a quella del secondo e questo potrebbe spiegare la differenza nel tempo di tenuta del test. Nonostante questa variabilità tra gli studi, si può comunque dire che l'affidabilità del test è buona in accordo con la letteratura precedente. ⁴⁶

Per quanto riguarda il **NET**, sono presenti le stesse discordanze tra i due studi. Nel primo, l'affidabilità risulta buona con ICC:0.88, mentre nel secondo varia da insignificante a moderata. Queste discrepanze suggeriscono che probabilmente sono necessari ulteriori studi che valutino meglio la validità di questo test.

Lo studio di Edmondston SJ e al. (2008) ²⁸ valuta anche l'affidabilità di un test scapolare, lo **SCAPULAR ENDURANCE TEST** che, però, risulta moderata e quindi secondo questo studio questo test sarebbe poco adatto all'utilizzo in clinica per valutare la resistenza muscolare.

In tre studi viene valutata l'affidabilità del test **CCFT** e in questo caso tutti sono concordanti nell'affermare che questo test ha una buona affidabilità inter e intra-rater ^{29,32,41}. Inoltre, nello studio di De Pauw R e al. (2022) ⁴¹ viene proposto uno screening tool costituito dal test CCFT e dal test **SHT** (scapular holding test). Entrambi i test hanno dimostrato un'affidabilità che varia da moderata a

perfetta e questo indica il potenziale utilizzo di questa batteria nella clinica quotidiana per la valutazione del controllo motorio in pazienti con neck pain.

Quattro studi valutano le proprietà del test **JPE (joint position error)** concordando sulla buona affidabilità di questo test: Juul T e al. (2013)²⁹, René Jørgensen e al. (2014)³², Silva AG e al. (2019)³⁹ e Marina Machado e al. (2022)⁴⁴ dal quale emerge che il test ha valori ICC alti e MCD molto piccoli (1.08 per la rotazione della testa a destra e 2.01 per la rotazione sinistra). Un piccolo valore di MCD associato ad alti valori ICC indicano che un test è affidabile. Questo supporta la raccomandazione che il JPE test può essere usato in pazienti con neck pain.⁴⁴

Per quanto riguarda la capacità di tornare con la testa in posizione neutra, lo studio Dugailly PM e al. (2015)³⁵ indaga anche l'influenza della velocità del movimento e della distanza dal muro. Dai risultati di questo studio pare che il test più affidabile sia quello eseguito a 180cm di distanza dal target con velocità di movimento maggiore. Tuttavia, questo risultato potrebbe presentare dei limiti in quanto la velocità non è stata oggettivata, ma è stato semplicemente richiesto ai pazienti di eseguire il test più velocemente.

Nello studio Alahmari K e al. (2017)³⁶ sono indagati anche test in cui l'obiettivo è tornare alla posizione neutra ma dopo movimento di flessione-estensione del collo, (**NHP**) oppure test in cui l'obiettivo è tornare in una posizione target (THP) definita in precedenza (flessione/estensione/inclinazione/rotazione). Per entrambi, l'affidabilità è buona con MCD bassi. Per quanto riguarda il test THP, questo studio ha dimostrato che la maggiore parte degli errori sono stati fatti nei movimenti di flessione/estensione e rotazione e che i pazienti con neck pain commettono molti più errori rispetto ai sani. Un test, invece, la cui validità discriminante non risulta significativa sembra essere l'**HRT30**, cioè il ritorno del capo alla posizione neutra partendo però da 30° di rotazione; anche la sua affidabilità risulta essere solo moderata perciò in clinica sarebbe meglio utilizzare **HRNT** (head repositioning test) in quanto risulta più facile da eseguire e migliore nel discriminare i pazienti asintomatici da pazienti con neck pain.³⁹

Altri test che valutano il senso di movimento cervicale sono stati indagati, come ad esempio quello che consiste nel tracciare con il laser una figura forma di otto (**F8**) o di zig-zag (**ZZ**). Lo studio Treleaven J e al (2018)³⁸ e Treleaven J e al. (2022)⁴³ sono concordi nell'affermare la quasi perfetta affidabilità di questi test. La differenza tra questi due studi risiede nel fatto che quello di Treleaven J e al. (2022)⁴³ vuole indagare l'affidabilità della valutazione di alcune variabili come la velocità e

l'acuità che non sono però valutabili con l'occhio umano, quindi viene utilizzata una valutazione automatizzata. È emerso però che nonostante l'affidabilità test-retest sia perfetta, questo metodo di valutazione è poco utilizzabile in clinica. Probabilmente, quindi, il tempo impiegato nel test e la frequenza degli errori in particolare con il modello ZZ hanno il maggiore potenziale per l'uso clinico.

³⁸ D'altra parte, però, la valutazione con la tecnologia, che permette una valutazione più accurata della performance, sarà superiore e più fattibile in futuro con il rapido sviluppo tecnologico in questo campo. ⁴³

Un solo studio indaga l'affidabilità del **PID** test (Proprioception Incongruence Detection test) con l'obiettivo di determinare se i deficit propriocettivi nei pazienti con neck pain possano essere identificati testando la loro capacità di identificare l'incongruenza tra il vero movimento della testa e un finto riferimento virtuale. Il test ha dimostrato di avere una forte correlazione tra le misure ripetute, mostrando un'ottima affidabilità. Però, non è stata dimostrata nessuna correlazione con il classico test RPE (reposition error test). Probabilmente questo risultato ci suggerisce che il PID test e il RPE test indagano aspetti diversi della propriocettività che è certamente una capacità multimodale. ³³ Lo studio di Harvie DS e al. (2015) ³³, comunque, rappresenta il primo lavoro di sviluppo ed esame dell'incongruenza della propriocezione in una popolazione clinica. Pertanto, sebbene i risultati siano promettenti è evidente che necessitano di essere replicati.

Due studi indagano l'affidabilità di una batteria di test di controllo motorio attivo.

Nello studio Patroncini M e al. (2014) ³⁰ la batteria di test in questione include 13 test di movimenti attivi (rotazione cervicale, inclinazione laterale del collo, estensione CTJ, movimento di nodding al muro, "upper cervical spine", flessione/estensione a full range, "upper body forward/backward", elevazione bilaterale di spalla, flessione unilaterale del braccio, flessione a 90° del braccio con peso, piegamento in avanti in piedi, flessione del collo in posizione supina, retrazione/protazione.) E' stata indagata l'affidabilità inter-rater. I test con l'affidabilità più alta risultano essere l'elevazione bilaterale di spalla e il piegamento in avanti in piedi, mentre il test con l'affidabilità più bassa è la rotazione cervicale. Nonostante la grande variabilità tra i test, l'intera batteria ha una buona affidabilità.

Nello studio Segarra V e al. (2015) ³⁴, invece, la batteria include 9 test di movimenti attivi (estensione cervicale attiva in quadrupedia, rotazione del rachide cervicale alto in quadrupedia, flessione cervicale attiva in quadrupedia, estensione cervicale attiva in posizione seduta e ritorno alla posizione neutra, flessione bilaterale delle braccia in piedi, "rocking backwards" sui talloni, flessione

unilaterale del braccio in piedi, rotazione cervicale attiva in posizione seduta). I test sono stati eseguiti da due esaminatori, di cui uno esperto e l'altro inesperto. L'affidabilità intra-rater tra i due esaminatori è tutto sommato comparabile. Ciò dimostra che anche i fisioterapisti inesperti, dopo un training, possono utilizzare la batteria di test con una buona accuratezza. Anche l'affidabilità inter-tester è risultata notevole per l'intera batteria di test.

Dai risultati di questi studi si può affermare che sarebbero utili studi futuri che per capire qual è la migliore combinazione di test per discriminare i pazienti sani dai malati³⁰ e che andrebbero eseguiti degli studi per esplorare meglio questi test, in tempo reale e su un campione più grande di persone per indagare meglio la loro accuratezza diagnostica (anche sensibilità e specificità).³⁴

Infine, solo uno studio di questa revisione, quello di Madsalae T e al. (2022)⁴⁵, indaga le proprietà psicometriche del **BES test** (Balance evaluation system test) che è stato eseguito da pazienti con neck pain cronico. I risultati mostrano che l'affidabilità intra-rater è alta; la sensibilità è 72% e la specificità è 69%. Inoltre, sono emerse differenze statisticamente significative tra i tre gruppi del campione (giovani, anziani, con sintomi). Questo fa pensare che questo test può essere usato per valutare la compromissione del controllo posturale specifico nei pazienti con neck pain cronico.

4.1.2 TRATTAMENTO

L'obiettivo della revisione condotta è stato quello di indagare l'efficacia di un trattamento fisioterapico sugli impairment del controllo motorio e della disintegrazione somato-sensoriale in soggetti con neck pain. La revisione ha individuato 7 RCT conformi ai criteri di inclusione ed esclusione stabiliti.

Riguardo ai risultati emersi dalla ricerca, è doveroso precisare che, la letteratura in merito allo studio dell'efficacia di un trattamento fisioterapico dell'impairment propriocettivo, in soggetti con neck pain, presenta evidenze confuse, che richiedono un'indagine più approfondita nel tempo e sottoposta a popolazioni di dimensioni maggiori.

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.

Entriamo ora nello specifico dei risultati emersi dalla presente revisione.

In due degli RCT analizzati il tipo di approccio studiato nel gruppo di intervento è la manipolazione. Nello studio di Jinmo Yang et al.⁴⁷ si legge che una manipolazione del rachide toracico alto determina un miglioramento negli outcome di propriocezione e dolore rispetto ad un programma di esercizi per la stabilità cervicale, tuttavia, il test di riposizionamento condotto per misurare il deficit propriocettivo, risulta essere un metodo indiretto che rende impossibile la generalizzazione dei risultati. Si è visto che una manipolazione HVLA stimola i meccanorecettori situati nei muscoli, nei legamenti e nelle capsule articolari, che migliorano le loro risposte nella trasmissione al SNC, aiutando così il recupero di propriocezione. È noto, inoltre, che stimola meccanicamente le capsule articolari portando così ad una maggiore mobilità dei segmenti spinali e ad un aumento del ROM, diminuendo la paura del movimento, trasmettendo agevolmente le informazioni sul movimento al SNC, in modo da ridurre il dolore.^{55,56}

Nello studio di Daniel García-Pérez-Juana et al.⁵¹, invece, è una manipolazione del rachide cervicale a mostrare outcome migliori, rispetto ad una manipolazione sham. Tale risultato, riscontrato subito dopo il trattamento, dimostra per la prima volta l'efficacia di una singola sessione manipolativa sugli outcome di propriocezione e dolore.

In altri tre degli studi analizzati il gruppo di intervento viene sottoposto ad un trattamento che include esercizi propriocettivi.

Nello studio di Mehmet Duray et al.⁴⁸ si tratta di un trattamento combinato di terapia fisica convenzionale ed esercizi di riconoscimento della direzione dello sguardo (GDRE). Si riscontra che input cervicali anormali, che sono il risultato di dolore, infiammazione e del cambiamento di sensibilità delle fibre muscolari, conducono a modifiche strutturali e del timing di attivazione sensorimotoria in pazienti con neck pain cronico. In vari studi, sono state analizzate le relazioni tra intensità del dolore, livello di disabilità cervicale, coordinazione oculare, equilibrio e propriocezione^{57,58} e, per poter affrontare adeguatamente tutte le potenziali compromissioni derivanti dai cambiamenti funzionali e strutturali, sono stati studiati esercizi che prevedono la partecipazione attiva dei pazienti per il trattamento⁵⁹. La migliore applicazione di tale partecipazione attiva sembra essere l'approccio propriocettivo. Ecco perché un trattamento composto solamente da terapia fisica ed esercizi terapeutici (ROM, postura ed esercizi isometrici), come quello utilizzato sul gruppo di controllo, risulta efficace nella riduzione del dolore, ma non determina alcun miglioramento nell'equilibrio statico e dinamico del paziente con CNP.

Nello studio di Espí-López GV et al.⁵² il gruppo di intervento e quello di controllo vengono entrambi sottoposti ad una terapia del calore con microonde continue e a massoterapia; ciò che li distingue è che il gruppo di intervento viene sottoposto anche ad un trattamento con esercizi propriocettivi cranio-cervicali, mentre il gruppo di controllo esegue esercizi di mobilità tradizionali. I risultati dimostrano, anche in questo caso, i migliori effetti terapeutici di un protocollo di intervento che include esercizi propriocettivi cervicali, negli esiti di dolore, disabilità cervicale, ROM e HRA (accuratezza nel riposizionamento della testa), ottenuti, oltretutto, applicando il protocollo anche solo per un breve periodo di tempo, il che non fa che rafforzare i risultati dello studio. Gli esercizi propriocettivi proposti, svolti con un puntatore laser posizionato sul punto più alto della testa del paziente, comprendono movimenti cervicali attivi di rotazione, rotazione cervicale indiretta, esercizi di riposizionamento della testa ed esercizi di precisione.

Nell'ultimo dei tre studi, quello di Maryam Saadat et al.⁵³, il gruppo di intervento è sottoposto ad un trattamento combinato di terapia fisica ed esercizi terapeutici (ROM, postura ed esercizi isometrici), proposti anche nel gruppo di controllo, insieme ad un allenamento sensorimotorio. Ciò ha determinato esiti migliori, rispetto al gruppo di controllo, negli outcome JPS, resistenza, equilibrio dinamico e velocità di deambulazione. L'allenamento sensorimotorio si compone di tre parti:

- 1) rieducazione della posizione articolare e del senso di movimento con un puntatore laser attaccato alla fronte;
- 2) esercizi oculomotori;
- 3) allenamento dell'equilibrio.

In uno degli RCT, lo studio di Rezaei I. et al.⁴⁹, invece, è il gruppo di controllo ad essere sottoposto ad esercizi propriocettivi, mentre al gruppo di intervento viene somministrato un allenamento tramite utilizzo della realtà virtuale. Sebbene entrambi i protocolli di esercizio riducano il dolore riportato e la disabilità funzionale, l'allenamento con realtà virtuale riduce queste misure di circa il doppio. La realtà virtuale ha come principali vantaggi pratici la motivazione e l'interattività: i pazienti giocano ripetutamente, per ottenere un punteggio migliore, senza annoiarsi⁶⁰. Anche il feedback, componente essenziale dell'apprendimento motorio, è una caratteristica importante negli ambienti virtuali⁶¹. Una possibile ragione dell'efficacia del trattamento con realtà virtuale può essere data dall'effetto sui muscoli cervicali profondi, ma poiché questa non è stata valutata nello studio l'interpretazione dei risultati è limitata.

Nonostante i potenziali benefici di questo tipo di tecnologia solo pochi studi ne hanno valutato l'efficacia in pazienti con CNP ⁶¹.

Nell'ultimo dei 7 RCT presi in esame, lo studio di Ferran Cuenca-Martínez et al.⁵⁰ viene adottato un approccio totalmente diverso dai precedenti, pertanto specifico delle prime fasi di intervento. Il gruppo di intervento viene sottoposto ad un allenamento di osservazione dell'azione (AO) oppure di imaging motorio (MI), mentre il gruppo di controllo è sottoposto ad un'osservazione placebo (PO) e viene confrontato il cambiamento del JPS.

La scelta di questo tipo di approccio è dovuta al fatto che si ritiene che la condizione clinica di NSCNP abbia una natura multidimensionale dovuta alla combinazione di una patogenesi complessa, alla presenza di processi disadattativi di neuroplasticità centrale e di processazione del dolore, nonché alla rilevanza di aspetti psicologici coinvolti come ansia o catastrofizzazione ^{62,63,64}. Questi pazienti presentano un'alterazione nella posizione dell'articolazione cervicale, per migliorare l'input propriocettivo sono stati proposti vari interventi, tra cui esercizi di controllo motorio, ma, essendo i modelli di attivazione e reclutamento muscolare alterati dalla presenza di dolore, questi esercizi potrebbero risultare troppo impegnativi per i pazienti, che potrebbero eseguirli in maniera errata, riducendone l'efficacia ⁶⁵. Una delle alternative nelle prime fasi di intervento è, pertanto, la pratica mentale basata sull'imaging motorio e sull'osservazione dell'azione.

In questo studio i risultati ottenuti nel piano verticale hanno mostrato che il gruppo AO ha ottenuto miglioramenti maggiori rispetto al gruppo PO nel JPS nel movimento di estensione cervicale, sia alla fine dell'intervento che a 10 minuti dopo l'intervento, nonché nel movimento di flessione cervicale, sebbene solo a 10 minuti dopo l'intervento. Inoltre, il gruppo AO ha ottenuto miglioramenti maggiori rispetto al gruppo MI nel JPS solo alla fine dell'intervento del movimento di estensione cervicale. Tuttavia, nel piano orizzontale nei movimenti di flesso-estensione, nessuno dei due gruppi di pratica mentale è stato superiore all'intervento placebo.

D'altra parte, i risultati ottenuti nel piano verticale e orizzontale hanno mostrato che entrambi i gruppi AO e MI hanno ottenuto miglioramenti maggiori rispetto al gruppo PO nel JPS nel movimento di rotazione cervicale sinistra alla fine dell'intervento. Non sono, invece, state riscontrate differenze significative tra i gruppi nel movimento di rotazione cervicale destro.

4.2 PUNTI DI FORZA E LIMITI DELLA REVISIONE

I punti di forza di questa revisione sistematica sono il rigore metodologico con il quale è costruita, la sua realizzazione ha infatti seguito quanto previsto dal PRISMA statement 11, e la scelta di utilizzare diverse banche dati, a garanzia dell'analisi di un ampio numero di studi scientifici.

Nella sezione del primo quesito di ricerca, riguardante la valutazione, tutti gli studi risultano omogenei riguardo l'outcome di interesse, ovvero la valutazione delle proprietà psicometriche dei test. Per quanto riguarda i limiti, 11 studi ^{28,30,31,32,33,34,35,36,54,38,44} hanno un campione limitato (<50 persone). Inoltre, molti studi di questa revisione indagano solo l'affidabilità, senza esplorare anche le altre proprietà psicometriche.

Nella sezione del secondo quesito di ricerca, riguardante il trattamento, tutti gli studi dimostrano una certa omogeneità per quanto riguarda gli outcome: dolore e disabilità.

Tuttavia, nella maggior parte degli studi, i limiti riscontrati sono l'assenza di un follow-up a lungo termine e le dimensioni del campione preso in esame, troppo piccolo, o la poca eterogeneità dello stesso. In due studi ^{52,53} emerge un'ulteriore limitazione, la mancanza di un gruppo di controllo che non abbia ricevuto alcun intervento.

4.3 IMPLICAZIONE PER RICERCHE FUTURE

Analizzati i risultati degli studi inclusi in questa revisione, si può affermare, per quanto riguarda il primo quesito di ricerca, la valutazione, che, nonostante ci sia accordo riguardo le proprietà psicometriche di molti test, su altri sono necessari ulteriori studi, che dovrebbero essere eseguiti sicuramente su una popolazione più ampia. Bisognerebbe, inoltre, indagare in maniera più approfondita anche altre proprietà psicometriche oltre l'affidabilità, come ad esempio, la sensibilità, la specificità, la validità, il valore predittivo positivo e negativo, responsività e accettabilità.

Per quanto concerne il secondo quesito di ricerca, il trattamento, si sottolinea la necessità di ampliare l'applicazione di protocolli di intervento attivi nel trattamento della problematica del neck pain cronico. Si suggerisce di analizzarne gli esiti su popolazioni più eterogenee e di dimensioni maggiori, anche con follow-up a lungo termine, per poter dimostrare l'effettiva efficacia dei suddetti protocolli, rispetto alle terapie passive generalmente più utilizzate.

Si ritiene oltretutto che sia necessario l'approfondimento dell'utilizzo di una tecnologia virtuale, per le problematiche di dolore cronico, dati i vantaggi pratici a supporto della sua potenziale efficacia rispetto a qualsiasi altro trattamento che richieda la partecipazione attiva del paziente.

5. CONCLUSIONI

Il neck pain è un problema comune nella popolazione generale e in tutte le categorie professionali, in particolare i lavoratori d'ufficio. Nei soggetti con neck pain non vi è non solo un impairment di forza, resistenza e precisione, ma anche propriocettivo, 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 due aspetti:

- Le proprietà psicometriche dei test utilizzati per indagare l'impairment del controllo motorio
- L'efficacia di un trattamento fisioterapico su outcome quali propriocezione, equilibrio e oculomotricità.

In base a quanto disponibile in letteratura e in linea con i criteri di inclusione ed esclusione stabiliti, in soggetti con neck pain per quanto riguarda la valutazione delle proprietà psicometriche dei test gli studi sono molto concordi nell'affermare che il test SPNT è un test molto affidabile, valido e specifico e che quindi può essere usato in clinica come strumento diagnostico. Lo stesso discorso può essere fatto per altri test con razionale simile quali il GAZE STABILITY e il test EYE-HEAD COORDINATION. Non c'è stata, d'altra parte, una concordanza per i test di performance muscolare (neck flexor endurance test, Net, scapular endurance test). Sono emerse delle differenze, infatti, tra i vari risultati degli studi coinvolti. Questo potrebbe essere collegato alle differenti tipologie di popolazioni coinvolte e a bias tra i vari esaminatori. Studi futuri, quindi, dovrebbero approfondire questo argomento in modo da valutare meglio le proprietà di questi test.

Per quanto riguarda il test CCFT, è confermata la sua affidabilità anche usato in combinazione con lo scapular holding test.

Sono stati valutati anche il JPE test e tutti i suoi simili, ovvero vari test che valutano la capacità di ritornare nella posizione neutra o in una posizione target con la testa, che risultano tutti affidabili, soprattutto eseguiti a 180 cm di distanza dal muro.

Anche per quanto riguarda batterie che includono test di movimenti attivi è stata dimostrata una buona affidabilità. Bisognerebbe in futuro indagare meglio anche le altre proprietà e capire qual è la combinazione migliore tra i movimenti attivi. Infine, sono state analizzate anche le proprietà del PID test e del BES test. Per quanto riguarda il PID test, i risultati sono promettenti, ma vanno fatti ulteriori studi in futuro in quanto lo studio inerente inserito in questa revisione è il primo lavoro che approfondisce questo argomento. Per quanto riguarda il BES, ha dimostrato avere delle buone proprietà, ma anche in questo caso c'è solo uno studio a sostenere questi risultati.

In letteratura i trattamenti proposti si basano per la maggior parte su un approccio multimodale e spesso anche totalmente passivo. Negli studi inclusi sono state individuate strategie efficaci nel miglioramento degli outcome dolore e propriocezione come la manipolazione del rachide toracico, e del rachide cervicale. La strategia che risulta più efficace di tutte è, però, quella che richiede la partecipazione attiva del paziente, tramite la somministrazione, all'interno di una terapia multimodale, di esercizi propriocettivi.

Uno spunto innovativo risulta essere invece l'approccio con realtà virtuale, che registra esiti anche migliori del trattamento con esercizi propriocettivi, sfruttando motivazione, interattività e feedback, che sono tre delle componenti degli ambienti virtuali.

Ultimo focus della revisione riguarda la prima fase di intervento, nella quale molto efficace è risultata la pratica mentale basata sull'imaging motorio e sull'osservazione dell'azione per contrastare la natura multidimensionale del NSCNP dovuta alla presenza di processi disadattativi di neuroplasticità centrale e di processazione del dolore e di aspetti psicologici quali ansia e catastrofizzazione.

Studi futuri sono necessari per allargare l'indagine a popolazioni più ampie ed eterogenee, con protocolli attivi e follow-up a lungo termine.

BIBLIOGRAFIA

1. Fandim JV, Nitzsche R, Michaleff ZA, Pena Costa LO, Saragiotto B. The contemporary management of neck pain in adults. *Pain Manag.* 2021 Jan;11(1):75-87. doi: 10.2217/pmt-2020-0046. Epub 2020 Nov 25. PMID: 33234017.
2. Guzman J, Hurwitz EL, Carroll LJ, Haldeman S, Côté P, Carragee EJ, Peloso PM, van der Velde G, Holm LW, Hogg-Johnson S, Nordin M, Cassidy JD; Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. A new conceptual model of neck pain: linking onset, course, and care: the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008 Feb 15;33(4 Suppl): S14-23. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181643efb. PMID: 18204387.
3. Haldeman S, Carroll L, Cassidy JD, Schubert J, Nygren Å. The Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Eur Spine J.* 2008 Apr;17(Suppl 1):5–7. doi: 10.1007/s00586-008-0619-8. Epub 2008 Feb 28. PMCID: PMC2271092.
4. Fejer R, Kyvik KO, Hartvigsen J. The prevalence of neck pain in the world population: a systematic critical review of the literature. *Eur Spine J.* 2006 Jun;15(6):834-48. doi: 10.1007/s00586-004-0864-4. Epub 2005 Jul 6. PMID: 15999284; PMCID: PMC348944.
5. Hoy D, March L, Woolf A, Blyth F, Brooks P, Smith E, Vos T, Barendregt J, Blore J, Murray C, Burstein R, Buchbinder R. The global burden of neck pain: estimates from the global burden of disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014 Jul;73(7):1309-15. doi: 10.1136/annrheumdis-2013-204431. Epub 2014 Jan 30. PMID: 24482302.
6. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, Keefe FJ, Mogil JS, Ringkamp M, Sluka KA, Song XJ, Stevens B, Sullivan MD, Tutelman PR, Ushida T, Vader K. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain.* 2020 Sep 1;161(9):1976–42 1982. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001939. PMID: 32694387; PMCID: PMC7680716.
7. Hogg-johnson S, Velde G Van Der, Carroll LJ, Holm LW, Cassidy JD, Guzman J, et Al. The Burden and Determinants of Neck Pain in the General Population Results of the Bone and Joint Decade 2000 – 2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. 2010;33(4):39–51.

8. Bogduk N MB. Management of acute and chronic neck pain: an evidence-based approach. Pain research and clinical management. 1st ed. Elsevier book, editor. Philadelphia; 2006. 3–20 p.
9. Evans G. Identifying and treating the causes of neck pain. *Med Clin North Am*. 2014 May;98(3):645-61. doi: 10.1016/j.mcna.2014.01.015. Epub 2014 Mar 22. PMID: 24758966.
10. Dewitte V, Peersman W, Danneels L, Bouche K, Roets A, Cagnie B. Subjective and clinical assessment criteria suggestive for five clinical patterns discernible in nonspecific neck pain patients. A Delphi-survey of clinical experts. *Man Ther*. 2016 Dec;26:87-96. doi: 10.1016/j.math.2016.07.005.
11. Dewitte V, De Pauw R, Danneels L, Bouche K, Roets A, Cagnie B. The interrater reliability of a pain mechanisms-based classification for patients with nonspecific neck pain. *Braz J Phys Ther*. 2019 Sep-Oct;23(5):437-447. doi: 10.1016/j.bjpt.2018.10.008.
12. Blanpied PR, Gross AR, Elliott JM, Devaney LL, Clewley D, Walton DM, Sparks C, Robertson EK. Neck Pain: Revision 2017. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017 Jul;47(7): A1-A83. doi: 10.2519/jospt.2017.0302. PMID: 28666405.
13. Hush JM, Lin CC, Michaleff ZA, Verhagen A, Refshauge KM. Prognosis of acute idiopathic neck pain is poor: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011 May;92(5):824-9. doi: 10.1016/j.apmr.2010.12.025. Epub 2011 Apr 1. PMID: 21458776.
14. Areerak K, van der Beek AJ, Janwantanakul P. Recovery from nonspecific neck pain in office workers. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2018;31(4):727-734. doi: 10.3233/BMR-170958. PMID: 29578475.
15. Bussi res, A. E., Stewart, G., Al-Zoubi, F., Decina, P., Descarreaux, M., Hayden, J., ... Ornelas, J. (2016). The Treatment of Neck Pain–Associated Disorders and Whiplash-Associated Disorders: A Clinical Practice Guideline. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 39(8), 523–564.e27. doi: 10.1016/j.jmpt.2016.08.007.
16. Carroll LJ, Hogg-Johnson S, van der Velde G, et Al. Course and prognostic factors for neck pain in the general population: results of the Bone and Joint Decade 43 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(4 suppl):S75– S82

17. 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.
18. Georgios Tsiringakis, Zacharias Dimitriadis, Evripidis Triantafylloy, Sionnadh 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.
19. Amanda Hidalgo-Peréz, Ángela Fernández-García, Ibai López-de-Uralde-Villanueva, Alfonso Gil-Martínez, Alba Paris-Alemany, 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
20. Merkle SL, Sluka KA, Frey-Law LA. The interaction between pain and movement. *J Hand Ther.* 2020 Jan-Mar;33(1):60-66. doi: 10.1016/j.jht.2018.05.001. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30025839; PMCID: PMC6335190.
21. 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.
22. 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
23. 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
24. Schomacher J, Falla D. Function and structure of the deep cervical extensor muscles in patients with neck pain, *Manual Therapy* 2013; 18: 360-366
25. Treleaven J. Dizziness, Unsteadiness, Visual Disturbances, and Sensorimotor Control in Traumatic Neck Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017 Jul;47(7):492-502. doi: 10.2519/jospt.2017.7052. Epub 2017 Jun 16. PMID: 28622488.

26. Treleaven J, Chen X, Sarig Bahat H. Factors associated with cervical kinematic impairments in patients with neck pain. *Man Ther.* 2016 Apr; 22:109-15. doi: 10.1016/j.math.2015.10.015. Epub 2015 Nov 9. PMID: 26585294.
27. Magnusson M, Malmström EM. The conundrum of cervicogenic dizziness. *Handb Clin Neurol.* 2016; 137:365-9. doi: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00026-1. PMID: 27638084.
28. Edmondston SJ e al. (2008) "Reliability of isometric muscle endurance tests in subjects with postural neck pain"
29. Juul T e al. (2013) "The intra- and inter-rater reliability of five clinical muscle performance tests in patients with and without neck pain"
30. Patroncini M e al. (2014) "Reliability of movement control tests on the cervical spine"
31. Della Casa E e al. (2014) "Head-eye movement control tests in patients with chronic neck pain; inter-observer reliability and discriminative validity"
32. René Jørgensen e al. (2014) "Reliability, construct and discriminative validity of clinical testing in subjects with and without chronic neck pain"
33. Harvie DS e al. (2015) "Neck Pain and Proprioception Revisited Using the Proprioception Incongruence Detection Test"
34. Segarra V e al. (2015) "Inter-and intra-tester reliability of a battery of cervical movement control dysfunction tests"
35. Dugailly PM e al. (2015) "Head repositioning accuracy in patients with neck pain and asymptomatic subjects: concurrent validity, influence of motion speed, motion direction and target distance"
36. Alahmari K e al. (2017) "Intra- and inter-rater reliability of neutral head position and target head position tests in patients with and without neck pain"
37. Treleaven J e al. (2018) "Validity of clinical measures of smooth pursuit eye movement control in patients with idiopathic neck pain"
38. Treleaven J e al (2018) "Intra and interrater reliability and clinical feasibility of a simple measure of cervical movement sense in patients with neck pain"

39. Silva AG e al. (2019) "Reliability, measurement error and construct validity of four proprioceptive tests in patients with chronic idiopathic neck pain"
40. Majcen Rosker Z e al. (2021) "Inter-Visit Reliability of Smooth Pursuit Neck Torsion Test in Patients with Chronic Neck Pain and Healthy Individuals"
41. De Pauw R e al. (2022) "Reliability and discriminative validity of a screening tool for the assessment of neuromuscular control and movement control in patients with neck pain and healthy individuals"
42. Majcen Rosker Z e al. (2022) "The influence of neck torsion and sequence of cycles on intra-trial reliability of smooth pursuit eye movement test in patients with neck pain disorders"
43. Treleaven J e al. (2022) "Proprioceptive Disturbance in Chronic Neck Pain: Discriminate Validity and Reliability of Performance of the Clinical Cervical Movement Sense Test"
44. Marina Machado e al. (2022) "Reliability of the Joint Position Sense Error Test for Women With Neck Pain and Asymptomatic Men and Women"
45. Madsalae T e al. (2022) "Can the balance evaluation systems test be used to identify system-specific postural control impairments in older adults with chronic neck pain?"
46. Penny F Whiting, Anne WS Rutjes, Marie E Westwood, Susan Mallett, Jonathan J Deeks, Johannes B Reitsma, Mariska MG Leeflang, Jonathan AC Sterne, Patrick MM Bossuyt and the QUADAS-2 Group Evidence 2016;8(2): e1000131 doi: [10.4470/E1000131](https://doi.org/10.4470/E1000131)
47. Yang J, Lee B, Kim C. Changes in proprioception and pain in patients with neck pain after upper thoracic manipulation. J Phys Ther Sci. 2015 Mar;27(3):795-8. doi: 10.1589/jpts.27.795. Epub 2015 Mar 31. PMID: 25931733; PMCID: PMC4395717.
48. Duray M, Şimşek Ş, Altuğ F, Cavlak U. Effect of proprioceptive training on balance in patients with chronic neck pain. Agri. 2018 Jul;30(3):130-137. doi: 10.5505/agri.2018.61214. PMID: 30028479.
49. I R, M R, S E, S K, A RZ. A Novel Virtual Reality Technique (Cervigame®) Compared to Conventional Proprioceptive Training to Treat Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. J Biomed Phys Eng. 2019 Jun 1;9(3):355-366. doi: 10.31661/jbpe.v0i0.556. PMID: 31341881; PMCID: PMC6613157.

50. Cuenca-Martínez F, La Touche R, León-Hernández JV, Suso-Martí L. Mental practice in isolation improves cervical joint position sense in patients with chronic neck pain: a randomized single-blind placebo trial. *PeerJ*. 2019 Sep 12;7:e7681. doi: 10.7717/peerj.7681. PMID: 31565582; PMCID: PMC6745187.
51. García-Pérez-Juana D, Fernández-de-Las-Peñas C, Arias-Burúa JL, Cleland JA, Plaza-Manzano G, Ortega-Santiago R. Cambiamenti nella sensibilità cinestetica cervicocefala, sensibilità al dolore da pressione diffusa e dolore al collo dopo manipolazione della spinta cervicale in pazienti con dolore al collo meccanico cronico: uno studio clinico randomizzato. *J Fisioterapia manipolativa Ther*. 2018 Settembre;41(7):551-560. DOI: 10.1016/j.jmpt.2018.02.004. PMID: 30442354.
52. Espí-López GV, Aguilar-Rodríguez M, Zarzoso M, Serra-Añó P, Martínez DE LA Fuente JM, Inglés M, Marques-Sule E. Efficacy of a proprioceptive exercise program in patients with nonspecific neck pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021 Jun;57(3):397-405. doi: 10.23736/S1973-9087.20.06302-9. Epub 2020 Oct 13. PMID: 33047944.
53. Saadat M, Salehi R, Negahban H, Shaterzadeh MJ, Mehravar M, Hessam M. Traditional physical therapy exercises combined with sensorimotor training: The effects on clinical outcomes for chronic neck pain in a double-blind, randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2019 Oct;23(4):901-907. doi: 10.1016/j.jbmt.2019.02.016. Epub 2019 Feb 23. PMID: 31733780.
54. Harris KD, Heer DM, Roy TC, Santos DM, Whitman JM, Wainner RS: Reliability of a measurement of neck flexor muscle endurance. *Phys Ther* 2005, 85:1349–1355
55. Cleland JA, Childs JD, McRae M, et al.: Immediate effects of thoracic manipulation in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Man Ther*, 2005, 10: 127–135.
56. Paris SV: Spinal manipulative therapy. *Clin Orthop Relat Res*, 1983, (179): 55–61.
57. Meisingset I, Woodhouse A, Stensdotter AK, Stavadahl Ø, Lorås H, Gismervik S, et al. Evidence for a general stiffening motor control pattern in neck pain: a cross sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* 2015;16:56.
58. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement controlPart 2: case studies. *Man Ther* 2008;13(3):266–75.

59. Røijezon U, Björklund M, Bergenheim M, Djupsjöbacka M. A novel method for neck coordination exercise--a pilot study on persons with chronic non-specific neck pain. *J Neuroeng Rehabil* 2008;5:36.
60. Burdea G C. Virtual rehabilitation--benefits and challenges. *Methods Inf Med*. 2003;42:519–23.
61. Holden M K. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav*. 2005;8:187–211; discussion 29. doi: 10.1089/cpb.2005.8.187.
62. Binder (2007) Binder AI. The diagnosis and treatment of nonspecific neck pain and whiplash. *Europa Medicophysica*. 2007;43(1):79–89.
63. Dimitriadis et al. (2015) Dimitriadis Z, Kapreli E, Strimpakos N, Oldham J. Do psychological states associate with pain and disability in chronic neck pain patients? *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2015;28(4):797–802. doi: 10.3233/BMR-150587.
64. Muñoz García et al. (2016) Muñoz García D, Gil-Martínez A, López-López A, Lopez-de Uralde-Villanueva I, La Touche R, Fernández-Carnero J. Chronic neck pain and cervico-craniofacial pain patients express similar levels of neck pain-related disability. *Pain Catastrophizing, and Cervical Range of Motion. Pain Research and Treatment*. 2016;2016:7296032. doi: 10.1155/2016/7296032.
65. Sterling, Jull & Wright (2001a) Sterling M, Jull G, Wright A. The effect of musculoskeletal pain on motor activity and control. *The Journal of Pain*. 2001a;2(3):135–145. doi: 10.1054/jpai.2001.19951.