

**MASTER IN RIABILITAZIONE DEI
DISORDINI MUSCOLOSCHIELETRICI IX ED**

SEDE DI SAVONA

TESI DI MASTER

**“Revisione letteraria delle alterazioni di equilibrio,
propriocezione ed oculomotricità secondari ad
impairments cervicali”**

Relatore

Dott. OMT Giacomo Rossettini

Candidata

Dott. Ft Silvia Dentice

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

“Revisione letteraria delle alterazioni di equilibrio, propriocezione ed oculomotricità secondari ad impairments cervicali”

INDICE

0. ABSTRACT.....	2
1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 Background.....	3
1.2 Obiettivi dello studio.....	6
2. MATERIALI E METODI.....	7
2.1 Strategie di ricerca per l’identificazione degli studi.....	7
2.2 Criteri per la selezione degli studi.....	9
2.3 Raccolta, estrazione ed analisi dei dati.....	9
3. RISULTATI.....	10
3.1 Descrizione degli studi.....	10
3.2 Descrizione dei partecipanti.....	10
3.3 Descrizione dell’intervento.....	11
3.4 Descrizione degli outcome.....	12
3.5 Metodi di indagine.....	13
3.6 Risultati degli studi.....	15
4. DISCUSSIONE.....	20
5. CONCLUSIONI.....	27
6. BIBLIOGRAFIA.....	28

“Revisione letteraria delle alterazioni di equilibrio, propriocizione ed oculomotricità secondari ad impairments cervicali”

0. ABSTRACT

Background. I disordini muscoloscheletrici cervicali affliggono una percentuale molto alta dell'intera popolazione ogni anno. La maggior parte di questi soggetti presenta, oltre a dolore e riduzione del rom cervicale, anche disordini quali: alterazioni del controllo posturale, mancanza di un'adeguata coordinazione cervico-oculare, alterato controllo dell'oculomotricità, disfunzione nella ricezione degli stimoli da parte dei propriocettori cervicali.

Obbiettivi. Lo scopo dell'elaborato è quello di creare una revisione non sistematica riguardo gli aspetti disfunzionali di equilibrio, motricità oculare e propriocizione che tipicamente affliggono il paziente con disordini muscoloscheletrici cervicali ad eziologia multipla al fine di giustificare la somministrazione clinica dell'esercizio terapeutico.

Materiali e Metodi. Si è svolta una ricerca bibliografica sensibile presso le banche dati MEDLINE, PEDro, COCHRANE con le seguenti parole chiave: “neck disorders”, “cervical spine injury”, “oculomotor dysfunction” combinati con l'operatore booleano AND alle parole chiave: “Cervico-ocular coordination”, “Cervical joint position error”, “Cervical proprioceptors”, “Smooth pursuit eye movement”, “Gaze direction”, “Eye movement control”, “Cervico-ocular reflex”.

Si sono adoperati limiti temporali (2008-2013), di lingua (inglese), di genere (umano) e disponibilità dell'abstract.

Criteri di inclusione: RCT, CT, studi osservazionali e studi longitudinali; soggetti affetti da disordini muscoloscheletrici cervicali di diversa eziologia, maggiorenni, sia maschi che femmine, senza limiti di età, istruzione e lingua.

Criteri di esclusione: soggetti sani e tutti gli studi relativi ad alterazioni dell'equilibrio poiché in letteratura è presente una revisione sistematica recentissima (2012) sull'argomento.

Risultati. Dei 36 articoli identificati, sulla base dei criteri di inclusione ed esclusione, sono stati considerati nella revisione 4 articoli: tre riguardanti l'oculomotricità e uno la propriocizione.

Discussione. Le ricerche svolte hanno evidenziato, la presenza di link tra disturbi muscoloscheletrici cervicali e deficit di propriocizione ed oculomotricità e hanno messo in luce l'importanza di impostare un trattamento riabilitativo che rivolga la propria attenzione, non solo alla risoluzione delle problematiche locali ma anche all'interruzione del circolo vizioso che si stabilisce tra i disturbi presenti in questi soggetti.

Conclusioni. Il lavoro ha rilevato l'esistenza di connessioni tra disordini a carico del rachide cervicale e disturbi di propriocizione ed oculomotricità ed ha sottolineato la necessità di impostare un trattamento riabilitativo che agisca non solo sul distretto corporeo interessato ma anche sui processi corticali che vengono alterati in seguito a tali disordini.

1. INTRODUZIONE

1.1 Background

Il rachide cervicale è la parte più mobile dell'intera colonna vertebrale, il che, come avviene anche in altre parti del corpo, va a discapito della stabilità¹.

Nel soggetto sano, affinché la stabilità venga garantita è presente un sistema di controllo posturale il quale fornisce una piattaforma stabile che permette al corpo di poter eseguire i movimenti in modo efficiente.

Per far sì che ciò avvenga esistono tre sotto sistemi che forniscono gli input sensoriali al sistema di controllo posturale²:

- Il sottosistema vestibolare preposto al mantenimento di un adeguato tono posturale per quanto riguarda la muscolatura di tronco ed arti in modo da fornire equilibrio sia in situazioni statiche che dinamiche.
- Il sottosistema visivo il quale risulta avere un ruolo dominante nella guida dei movimenti, poiché quando gli input somatosensitivi e quelli visivi sono in disaccordo solitamente la versione visiva dell'evento prevale.
- Il sottosistema somatosensoriale che comprende tutte le informazioni meccanocettive provenienti dalla periferia.

¹ EYTHOR KRISTJANSSON, PhD, ManipTher, BSc, JULIA TREVEAVEN PhD, BPhy, may 2009 | volume 39 | number 5 | journal of orthopaedic & sports physical therapy.

² Whiplash, Headache and Neck Pain: Research Based Directions for Physical Therapies (capitolo 5) Gwendolen Jull, Michele Sterling, Deborah Falla, Julia Treleaven, Shaun O'leary, Editore: Churchill Livingstone, Data di Pubblicazione: May 2008.

³ JULIA TREVEAVEN, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

⁴ JULIA TREVEAVEN, PT, PhD, SPINE Volume 36, Number 25S, pp S211–S217 ©2011, Lippincott Williams & Wilkins.

⁵ Silva AG, Cruz AL. Physiother Theory Pract (2012).

Le informazioni provenienti da questi tre sistemi convergono in diverse aree all'interno del sistema nervoso centrale³, il che risulta fondamentale per il controllo dell'oculomotricità, dell'equilibrio e dell'orientamento del corpo².

La colonna cervicale ha un ruolo importante nel fornire gli input propriocettivi, il che risulta possibile grazie alla grande varietà di meccanoettori cervicali connessi al sistema vestibolare, visivo e centrale.

Il sistema propriocettivo presente a questo livello, infatti, è altamente sviluppato e fornisce controllo neuromuscolare al movimento del rachide cervicale e permette l'utilizzo efficiente degli organi vitali del capo tramite un'univoca connessione con il sistema vestibolare e visivo¹.

Ciò probabilmente spiega perché il rachide cervicale è una struttura estremamente vulnerabile ed è fonte di una serie di sintomi non presenti invece in altre regioni del nostro corpo.

Infatti in soggetti con disturbi muscoloscheletrici a carico del rachide cervicale sono presenti⁴:

- Alterazioni degli input afferenti provenienti dal sistema visivo, propriocettivo e vestibolare del rachide cervicale dovuti probabilmente ad un aumento della sensibilità dei recettori a causa di cambiamenti chimici indotti da eventi infiammatori o ischemici e da un effetto diretto della nocicezione su meccanoettori;
- Alterata attività dei fusi muscolari per la presenza di mediatori infiammatori che possono attivare terminazioni nervose chemiosensibili di articolazioni e muscoli e/o tramite l'attività del sistema nervoso simpatico.

¹ EYTHOR KRISTJANSSON, PhD, ManipTher, BSc, JULIA TREVEAVEN PhD, BPhy, may 2009 | volume 39 | number 5 | journal of orthopaedic & sports physical therapy.

² Whiplash, Headache and Neck Pain: Research Based Directions for Physical Therapies (capitolo 5) Gwendolen Jull, Michele Sterling, Deborah Falla, Julia Treleaven, Shaun O'leary, Editore: Churchill Livingstone, Data di Pubblicazione: May 2008.

³ JULIA TREVEAVEN, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

⁴ JULIA TREVEAVEN, PT, PhD, SPINE Volume 36, Number 25S, pp S211–S217 ©2011, Lippincott Williams & Wilkins.

⁵ Silva AG, Cruz AL. Physiother Theory Pract (2012).

Tutte queste alterazioni del controllo posturale possono essere considerate come le possibili cause di disturbi quali: vertigini, instabilità, deficit visivi così come segni di deficit della stabilità posturale, propriocezione cervicale e movimenti di testa e collo¹.

Riguardo a tale argomento è stata prodotta una revisione sistematica del 2012 che tratta in modo esaustivo quelle che sono le relazioni tra disordini muscoloscheletrici cervicali e deficit dell'equilibrio⁵.

Questo lavoro, essendo recentissimo, permette di evitare ulteriori ricerche e aggiornamenti di tale topic.

Rimane da indagare il campo delle alterazioni della propriocezione e dell'oculomotricità.

Le tematiche relative ai disturbi sensomotori in soggetti con disordini cervicali sono già state indagate da altre revisioni non sistematiche.

La più recente in merito è quella di Treleaven che ha riportato la presenza di disturbi nella stabilità posturale e nel controllo del movimento di testa e collo in soggetti con disordini cervicali³.

Il suo studio termina nel 2007.

¹ EYTHOR KRISTJANSSON, PhD, ManipTher, BSc, JULIA TREVEAVEN PhD, BPhy, may 2009 | volume 39 | number 5 | journal of orthopaedic & sports physical therapy.

² Whiplash, Headache and Neck Pain: Research Based Directions for Physical Therapies (capitolo 5) Gwendolen Jull, Michele Sterling, Deborah Falla, Julia Treleaven, Shaun O'leary, Editore: Churchill Livingstone, Data di Pubblicazione: May 2008.

³ JULIA TREVEAVEN, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

⁴ JULIA TREVEAVEN, PT, PhD, SPINE Volume 36, Number 25S, pp S211–S217 ©2011, Lippincott Williams & Wilkins.

⁵ Silva AG, Cruz AL. Physiother Theory Pract (2012).

1.2 Obiettivi dello studio

Per comprendere i link esistenti tra disturbi cervicali e deficit sensomotori, si è deciso di impostare una revisione non sistematica riguardo gli aspetti disfunzionali di motricità oculare e propriocezione che tipicamente affliggono il paziente con disordini muscoloscheletrici cervicali ad eziologia multipla (neck pain, whiplash, sindrome cervico brachiale, non specific arm pain) al fine di giustificare la somministrazione clinica dell'esercizio terapeutico.

¹ EYTHOR KRISTJANSSON, PhD, ManipTher, BSc, JULIA TREVEAVEN PhD, BPhy, may 2009 | volume 39 | number 5 | journal of orthopaedic & sports physical therapy.

² Whiplash, Headache and Neck Pain: Research Based Directions for Physical Therapies (capitolo 5)
Gwendolen Jull, Michele Sterling, Deborah Falla, Julia Treleaven, Shaun O'leary, Editore: Churchill Livingstone, Data di Pubblicazione: May 2008.

³ JULIA TREVEAVEN, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

⁴ JULIA TREVEAVEN, PT, PhD, SPINE Volume 36, Number 25S, pp S211–S217 ©2011, Lippincott Williams & Wilkins.

⁵ Silva AG, Cruz AL. Physiother Theory Pract (2012).

2. MATERIALI E METODI

2.1 Strategie di ricerca per l'identificazione degli studi

I database elettronici sui quali si è condotta la ricerca bibliografica per rispondere all'obiettivo dell'elaborato sono:

- MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online);
- PEDro (Physiotherapy Evidence Database);
- THE COCHRANE LIBRARY

Le parole chiave utilizzate nelle banche dati sono state:

- “neck disorders”;
- “cervical spine injury”;
- “oculomotor dysfunction”;
- “Cervico-ocular coordination”;
- “Cervical joint position error”;
- “Cervical proprioceptors”;
- “Smooth pursuit eye movement”;
- “Gaze direction”;
- “Eye movement control”;
- “Cervico-ocular reflex”.

Le stringhe di ricerca adoperate nel corso dell'indagine sono state:

- “neck disorders”
- “cervical spine injury”;
- “oculomotor dysfunction”;

Combinare tramite l'operatore booleano AND con:

- “Cervico-ocular coordination”;
- “Cervical joint position error”;
- “Cervical proprioceptors”;
- “Smooth pursuit eye movement”;
- “Gaze direction”;
- “Eye movement control”
- “Cervico-ocular reflex”.

I limiti applicati sono stati temporali (2008-2013), di lingua (inglese), di genere (umano) e richiedendo la disponibilità dell'abstract.

Banche dati	Limiti utilizzati
Medline	- Dates: published in the last - specific data range (2008-2013) - Species: Humans - Text options: abstract - Languages: English
PEDro	- Abstract e title - Published since 2008
Cochrane	- Title, abstract, keywords

Tab. 1 Limiti utilizzati nelle banche dati

2.2 Criteri per la selezione degli studi

Criteri di inclusione

- Tipologia di studi: RCT, CT, studi osservazionali e studi longitudinali; La ricerca è stata indirizzata verso studi che sondano attraverso rilevazioni cliniche (test di valutazione) o rilevazioni strumentali (emg, rm) la presenza di alterazioni legate al sistema propriocettivo ed oculomotorio. Includendo nella ricerca outcome clinici (test come cervical joint position error, gaze stability, smooth pursuit neck torsion test) e strumentali (rm, emg).
- Tipologia di partecipanti: soggetti affetti da disordini muscoloscheletrici cervicali di diversa eziologia, maggiorenni, sia maschi che femmine, senza limiti di età, istruzione e lingua.

Criteri di esclusione

- Soggetti sani;
- Studi relativi ad alterazioni dell'equilibrio poiché in letteratura è presente una revisione sistematica del 2012 che tratta in maniera esaustiva le alterazioni dell'equilibrio nelle disfunzioni cervicali.

2.3 Raccolta, estrazione ed analisi dei dati

Raccolta. L'elaborato è stato realizzato da un revisore che ha sviluppato e condotto la ricerca secondo le strategie precedentemente descritte andando a selezionare, sulla base di titoli ed abstract gli studi rispettanti i criteri di inclusione (tipologia di studio, partecipanti, intervento e comparazione, misure di outcome) ed ha acquisito i full text degli studi inclusi.

Estrazione ed Analisi. Da ogni lavoro incluso, si sono ottenute le informazioni riguardanti il disegno di studio, l'obiettivo, la dimensione del campione, le caratteristiche dell'intervento e del controllo, l'outcome e i risultati conseguiti.

3. RISULTATI

3.1 Descrizione degli studi

Il flusso di ricerca esplicante il processo di selezione degli studi ed i criteri caratterizzanti lo stesso è rappresentato dalla figura 3.1.

La ricerca estensiva ha identificato 36 studi, di questi 10 sono stati scartati poiché citati più di una volta, rimanendo con un totale di 26 articoli individuati tutti mediante ricerca digitale.

Lo screening è stato svolto sulla base delle informazioni ottenute da titolo ed abstract di tutti gli studi selezionati che hanno permesso di identificare 4 articoli pertinenti ed eliminarne 22 sulla base dei criteri di esclusione.

Al termine della ricerca, dunque, 4 articoli sono risultati rilevanti e rispettanti i criteri di inclusione ed esclusione.

Propriocezione dai 6 lavori identificati, non sono stati considerati 2 papers perché ridondanti, restando con 4 elaborati.

Di questi 3 sono stati esclusi sulla base di titolo ed abstract, rimanendo con 1 lavoro pertinente.

Oculomotricità dai 30 lavori identificati, non sono stati considerati 10 papers perché ridondanti, restando con 20 elaborati.

Di questi 17 sono stati esclusi sulla base di titolo ed abstract, rimanendo con 3 lavori pertinenti.

3.2 Descrizione dei partecipanti

I lavori utilizzati per la stesura dell'elaborato hanno coinvolto 117 soggetti con una media di 30 partecipanti a studio.

Di questi 66 presentavano disordini muscoloscheletrici a carico del rachide cervicale

(chronic neck pain, persistent Whiplash-associated disorders), i rimanenti 51 erano sani.

Propriocezione nel lavoro incluso sono stati impiegati un totale di 40 partecipanti (20 sani e 20 con neck pain).

Oculomotricità nel lavoro incluso sono stati impiegati un totale di 77 partecipanti (31 sani, 17 con chronic neck pain e 29 con persistent Whiplash-associated disorders) .

3.3 Descrizione dell'intervento

Tra i 4 lavori adoperati per la stesura dell'elaborato, 1 ha sondato i deficit propriocettivi e 3 i deficit dell'oculomotricità in soggetti con disordini muscoloscheletrici cervicali.

Propriocezione il lavoro¹ prende in considerazione il controllo dei movimenti oculari, il funzionamento dei propriocettori cervicali, la stabilità posturale e i parametri della deambulazione in soggetti anziani sia con che senza neck pain, per determinare se ci sono differenze significative tra questi due gruppi nella funzione sensomotoria.

Oculomotricità dei tre studi inclusi:

- Uno² valuta la presenza di deficit nella stabilità dello sguardo e nella coordinazione testa-occhi in soggetti con whiplash e disordini associati;
- Uno³ indaga l'alterazione della coordinazione cervico-oculare durante il movimento di rotazione del collo in soggetti con whiplash persistente e disordini associati;
- Uno⁴ riguarda l'efficacia del compito di riconoscimento della direzione dello sguardo in soggetti con neck pain cronico e l'eventuale utilizzo di quest'ultimo come strumento terapeutico.

¹ Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

² Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

3.4 Descrizione degli outcome

Propriocezione

Lo studio di Treleaven et al¹ ha utilizzato i seguenti outcome:

- La scala VAS (Visual Analogue Scale) per misurare l'intensità del dolore cervicale;
- NDI (Neck Disability Index) per la classificazione del dolore e della disabilità;
- ABC Scale e Standing Balance (Activities specific Balance Confidence Scale) per valutare l'equilibrio;
- JPE (Joint Position Error) per stimare l'abilità del soggetto di riposizionare la testa nella posizione di partenza dopo aver svolto movimenti del capo;
- RFT (Rod and Frame Test) per determinare la capacità del soggetto di percepire la verticalità;
- SPNT (Smooth Pursuit Neck Torsion) associato ad elettro-oculografia per valutare i disturbi nel controllo dei movimenti oculari;
- Step Test per misurare la posizione dinamica del singolo arto inferiore;
- TMW (Ten-Meter Walk) svolto sia con che senza il movimento del capo, per calcolare la velocità del cammino.

Oculomotricità

Lo studio di Jull et al² ha utilizzato i seguenti outcome:

- NDI (Neck Disability Index) per la valutazione del dolore e della disabilità;
- DHIsf (Dizziness Handicap Inventory short form) per identificare la presenza di handicap associate a vertigine;
- VSI (Vision Symptom Index) per misurare disturbi visivi;
- EOG (Electro-oculography) per misurare i movimenti oculari.

¹ Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

² Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Lo studio di Bexander et al³ ha utilizzato i seguenti outcome:

- EMG (Electromyography) per misurare l'attività elettromiografica dei muscoli sia superficiali che profondi del collo;
- EOG (Electro-oculography) per valutare i movimenti oculari;
- Potenzziometro per misurare i movimenti rotatori del collo.

Lo studio di Nobusako et al⁴ ha utilizzato i seguenti outcome:

- Goniometro per valutare l'active Range of Motion cervicale;
- VAS (Visual Analogue Scale) per misurare il dolore cervicale;
- Cronometro per stimare il tempo di reazione (tempo che intercorre tra l'inizio del segnale e la risposta del soggetto);
- Numero di risposte corrette per valutare l'accuratezza nel riconoscimento del GDR task.

3.5 Metodi di indagine

Propriocezione

I soggetti inclusi nello studio¹ vengono invitati, previa istruzioni, a completare i questionari e a svolgere i test.

Il test per valutare l'equilibrio (standing balance) viene fatto svolgere prima dello step test e del TMW per evitare l'affaticamento.

¹ Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

² Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Oculomotricità

Nello studio di Jull et al² è stato chiesto ai soggetti inclusi di sedersi in posizione neutra su una sedia con un supporto per il capo, posta alla distanza di 1 metro dal muro. Un marcatore circolare viene posto sul muro a livello degli occhi del soggetto.

Ogni soggetto era stato precedentemente istruito riguardo ai movimenti di occhi o capo che doveva svolgere e su quale fosse la posizione di partenza alla quale tornare dopo ogni ripetizione.

Le performance che i soggetti dovevano svolgere erano le seguenti:

- Movimento orizzontale degli occhi;
- Massimo movimento possibile con il collo;
- Movimenti del capo con sguardo fisso;
- Movimento sequenziale di capo e occhi.

Nello studio di Bexander et al³ i partecipanti vengono fatti sedere su una sedia con un supporto per la zona lombare, le anche a 90° di flessione e i piedi appoggiati a terra.

Uno schermo semicircolare viene posto di fronte ai partecipanti ad una distanza di circa 0.40 m dalla loro testa in tutte le direzioni. Lo schermo presenta delle linee verticali a 0°, 15°, 30° e 45° di rotazione sia a destra che a sinistra ed un piccolo marcatore a livello dello sguardo a circa 0.35 m di fronte ai partecipanti.

Viene chiesto ai partecipanti di ruotare il capo a destra e a sinistra in prove distinte e vengono istruiti dallo sperimentatore a tenere staticamente la posizione del collo per circa 3 secondi a 0°, 15°, 30° e 45° di rotazione.

I partecipanti vengono invitati inoltre a non muovere il tronco durante il movimento di testa e collo .

¹ Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

² Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Nello studio condotto da Nobusako et al⁴ i soggetti inclusi, tutti affetti da chronic neck pain, sono stati divisi in due gruppi (GDR task group e control group).

Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a trattamento riabilitativo; al GDR task group è stato chiesto anche di svolgere il compito di riconoscimento della direzione dello sguardo (GDR task).

Questo compito consiste nel chiedere al soggetto, posto alle spalle dell'esaminatore di osservare i movimenti della testa svolti da quest'ultimo e riuscire a riconoscere la direzione del suo sguardo.

3.6 Risultati degli studi

Propriocezione

Gli outcome utilizzati da Treleaven et al¹ permettono di evidenziare che soggetti anziani con neck pain presentano sostanziali differenze rispetto al gruppo di controllo per quanto concerne equilibrio, movimenti oculari e deambulazione.

Non vengono rilevate invece importanti differenze tra i due gruppi per quanto riguarda dolore, disabilità e capacità di riportare il capo in posizione iniziale in seguito ad un movimento di rotazione.

Oculomotricità

Lo studio di Jull et al² rivela che soggetti con persistent Whiplash-associated disorders presentano dolore cervicale, disabilità, disturbi visivi e vertigini a differenza del gruppo di controllo (sani).

I due gruppi non differiscono per quanto concerne la velocità di movimento dello sguardo.

Lo studio di Bexander et al³ sottolinea l'esistenza di alterazioni a carico della muscolatura sia profonda che superficiale del collo, il che comporta delle implicazioni nel controllo del movimento cervicale e nella coordinazione cervico-oculari in soggetti con Whiplash-associated disorders rispetto al gruppo di controllo (sani).

¹ Sureeporn Uthairakulchai, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

² Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252-257.

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67-77.

⁴ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Lo studio di Nobusako et al⁴ ha dimostrato che soggetti con chronic neck pain trattati con fisioterapia associata al GDR task hanno ottenuto miglioramenti in termini di dolore e recupero del rom cervicale rispetto al gruppo trattato solo con la fisioterapia.

Inoltre è stato dimostrato che il GDR task group presenta una riduzione del tempo di reazione nel dare la risposta corretta (riconoscere la direzione dello sguardo) tra la prima e l'ultima sessione (12 sessioni); non c'è, invece, differenza tra le sessioni per quanto riguarda l'accuratezza delle risposte date dai soggetti di tale gruppo.

¹ Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

² Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Propriocezione

Riferimento	S. Uthairhup, G. Jull, S. Sungkarat, J. Treleaven
Tipo di studio	RCT
Campione	n= 20 (neck pain group) n= 20 (control group)
Intervento e Comparazione	Previa istruzione vengono somministrati questionari e tests per valutare la funzione sensimotoria nell'anziano con neck pain
Metodi di indagine	NDI ABC VAS JPE RFT SPNT Standing Balance Step test Ten-meter walk test
Risultati	Incremento dell'outcome con significatività nel neck pain group rispetto al control group senza differenze tra questi per NDI, VAS, JPE (p <0.01)
Conclusione	Gli anziani con neck pain presentano disturbi sensorimotori maggiori rispetto ad anziani senza neck pain

Oculomotricità

Riferimento	J. Treleaven, G. Jull, H. Grip	CS. Bexander, PW. Hodges	S. Nobusako, A. Matsuo, S. Morioka
Tipo di studio	RCT	RCT	RCT
Campione	n= 20 (persistent WAD group) n= 20 (healthy group)	n= 9 (WAD group) n= 11 (healthy group)	n= 9 (GDR task group) n = 8 (control group)
Intervento e Comparazione	Previa istruzione viene chiesto di muovere gli occhi o la testa dal marker posto davanti a sé e tornare nella posizione di partenza	Previa istruzione, viene chiesto ai partecipanti di ruotare la testa a destra e a sinistra in prove separate	Previa istruzione viene chiesto al GDR task group di osservare da dietro uno sperimentatore durante il movimento di capo e occhi e
Metodi di indagine	EOG NDI DHIsf VSI	EMG EOG Potenziometro	VAS Goniometro Cronometro
Risultati	Incremento dell'outcome con significatività nel persistent WAD group rispetto al healthy group senza differenze per aumento velocità, spostamento sguardo e	Incremento dell'outcome con significatività nel WAD group rispetto al healthy group (p <0.001)	Incremento dell'outcome con significatività nel GDR task group rispetto al control group
Conclusione	Il persistent WAD group presenta una riduzione del ROM cervicale e della velocità di movimento durante compiti di coordinazione testa-occhi e nella stabilità dello sguardo	I soggetti con WAD presentano alterazioni dei propriocettori cervicali e dell'attività della muscolatura cervicale ciò induce deficit	GDR task group evidenzia riduzione del dolore ed un aumento del ROM cervicale rispetto al control group

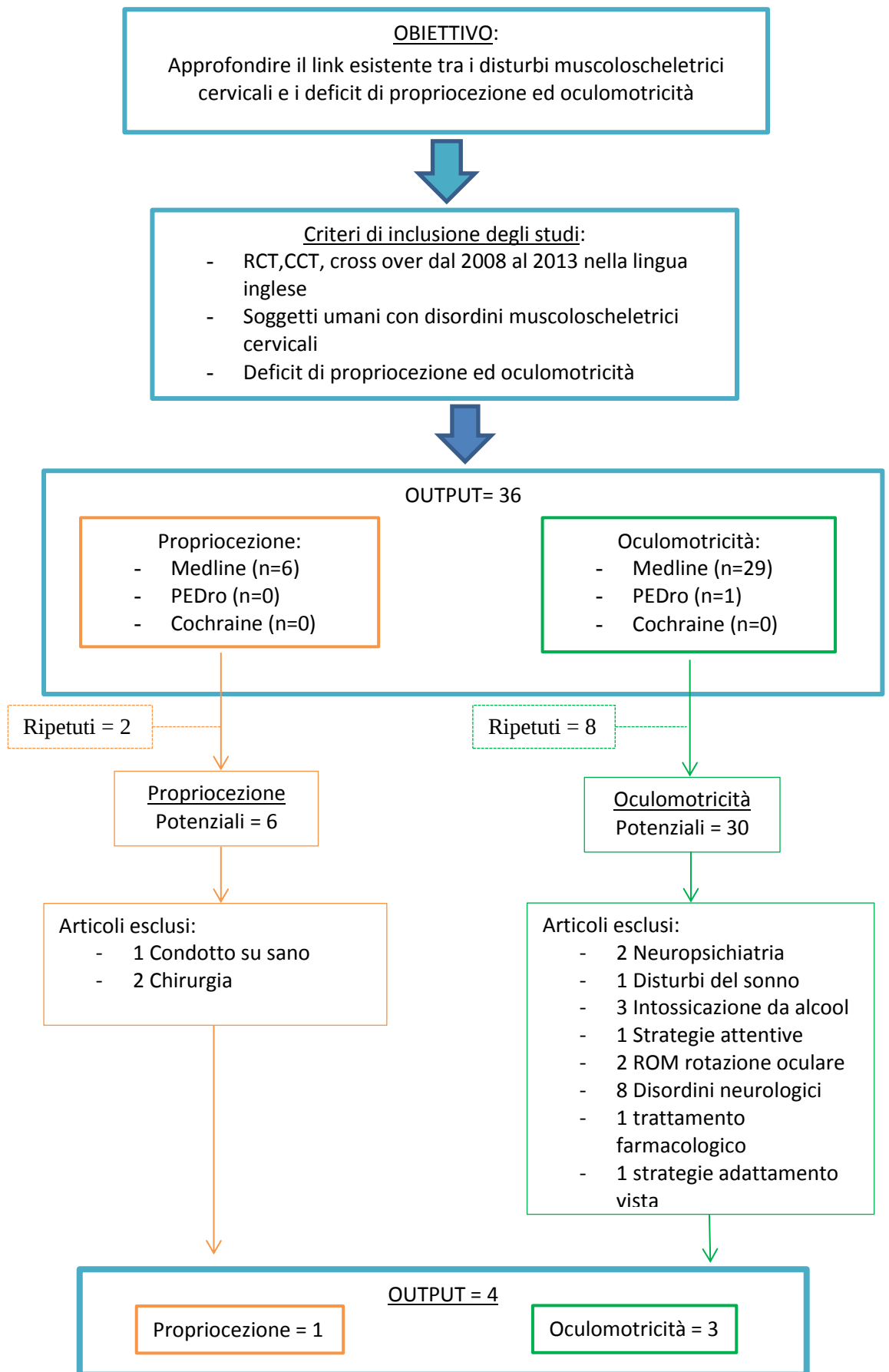


Fig. 3.1 Flusso di ricerca

4. DISCUSSIONE

Ad oggi questo lavoro vuole evidenziare le nuove acquisizioni riguardo il link esistente tra disturbi muscoloscheletrici cervicali e deficit di propiocezione ed oculomotricità, al fine di cogliere gli aspetti principali da considerare nel trattamento in campo riabilitativo di tali disturbi.

Il background fornito dal lavoro di Treleaven¹ evidenzia come le connessioni tra il sistema propriocettivo, vestibolare e visivo nonché la presenza di riflessi cervicali risultino fondamentali per la coordinazione cervico-oculare e la stabilità posturale.

Risulta evidente quindi che soggetti con disordini muscoloscheletrici a carico del rachide cervicale presentino disturbi nella stabilità posturale, nel controllo oculomotorio e nel joint position sense (JPS).

Queste disfunzioni possono essere dovute a:

- Alterazioni della funzione dei meccanocettori cervicali;
- Impairment funzionale della muscolatura del collo;
- Cambiamenti degenerativi nei muscoli quali trasformazione delle fibre, infiltrazioni di grasso, inibizione muscolare, atrofia;
- Effetto del dolore sul SN;
- Alterazioni della rappresentazione corticale;
- Alterazioni della modulazione degli input afferenti cervicali .

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

² Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Probabilmente più processi si combinano tra loro nel determinare l'alterazione della funzione somatosensoriale.

Si è potuto valutare che trattamenti cervicali specifici come terapia manuale, agopuntura e cranio-cervical flexion training determinano miglioramenti di: JPS (joint position sense), vertigini e stabilità posturale in soggetti con neck pain.

Alternativamente programmi che enfatizzano la stabilità dello sguardo, la coordinazione cervico-oculare e il senso della posizione cervicale, senza trattamento locale del rachide cervicale migliorano il dolore, la disabilità e il senso di posizione del collo e capo.

Sono stati osservati, inoltre, in seguito a riabilitazione vestibolare ed oculomotoria in pazienti con whiplash persistente, miglioramenti nell'equilibrio e nella dizziness.

Lo studio di Treleaven¹ raccomanda dunque un intervento riabilitativo che contempli sia un trattamento locale del rachide cervicale che un programma personalizzato per il controllo sensorimotorio.

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, ² University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Propriocezione

La comparazione del lavoro svolto da Jull et al² con il lavoro di Treleaven¹ riguardo l'influenza del neck pain sulla funzione sensomotoria nell'anziano, ha sottolineato il link esistente tra disturbi nella funzione sensomotoria e i disordini muscoloscheletrici cervicali.

Tale lavoro² rileva l'esistenza di importanti deficit nel controllo del movimento oculare, nella percezione della posizione ortostatica e dell'equilibrio in soggetti anziani con neck pain messi a confronto con soggetti anziani senza neck pain.

Disturbi nella fluidità del movimento oculare, alterazioni nella percezione della posizione ortostatica e dell'equilibrio sono tutti riconducibili ad un' alterata integrazione tra le informazioni afferenti provenienti dal sistema visivo, vestibolare e dai propriocettori cervicali, la quale rende difficile lo svolgimento, da parte degli anziani con neck pain, dei tests somministrati.

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

² Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Oculomotricità

Il lavoro svolto da Bexander et al³ considera l'attività della muscolatura profonda e superficiale del collo oltre che valutare gli eventuali deficit nella coordinazione cervico-oculare in soggetto con WAD messi a confronto con soggetti sani.

Scaturiscono da questo studio importanti differenze tra soggetti sani e soggetti con WAD.

In quest'ultimi si evidenzia:

1. Attivazione di entrambi i muscoli rotatori cervicali superficiali (m. sternocleidomastoidei) nella rotazione del collo sia a destra che a sinistra;
2. Influenza del movimento del capo nell'attività dei muscoli profondi (m. obliqui inferiori del capo e m. multifidi);

Inoltre, la relazione tra la posizione degli occhi e l'attività dei muscoli rotatori del collo in soggetti con WAD è più marcata di quella esistente nei soggetti sani.

Questi cambiamenti nelle attività della muscolatura del collo nei soggetti con WAD comportano delle implicazioni nel controllo del movimento cervicale e nella coordinazione cervico-oculare.

Cambiamenti contrastanti nell'attività di muscoli cervicali profondi e superficiali in questi soggetti sono coerenti con la prevista redistribuzione delle attività tra i vari muscoli per far sì che si abbia un'equa ripartizione anche delle forze che gravano sulle strutture lese e si riduca la capacità di alcuni muscoli di generare coppie di forze.

La comparazione di quest'ultimo con lo studio di Treleaven¹ permette di trovare un accordo tra i due lavori in quanto entrambi evidenziano come soggetti con disordini muscoloscheletrici cervicali vadano incontro ad alterazioni della muscolatura cervicale che implicano un conseguenziale deficit in quella che è la coordinazione cervico-oculare.

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

² Sureeporn Uthaikhu, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

I risultati ottenuti dal lavoro di Jull et al⁴ rilevano degli aspetti non considerati nello studio di Treleaven¹.

Da questo lavoro risulta, che i soggetti con WAD persistente differiscono dal gruppo di controllo in molti aspetti relativi i compiti di coordinazione cervico-oculare in quanto presentano:

- Diminuzione del range di movimento del capo durante lo svolgimento di compiti nei quali entra in gioco la stabilità dello sguardo;
- Diminuzione della velocità nel movimento del capo durante lo svolgimento di compiti di coordinazione cervico-oculare e di stabilità dello sguardo.

Ciò indica difficoltà per tali soggetti nella coordinazione e nello svolgimento di questi compiti i quali probabilmente restringono e rallentano deliberatamente il movimento a livello cervicale per poter svolgere il compito in modo preciso.

Lo studio suggerisce che il movimento svolto lentamente può rappresentare una strategia di controllo motorio per evitare il dolore.

Il lavoro di Nobusako et al⁵ valuta come il task di riconoscimento dello sguardo da parte di soggetti con disordini muscoloscheletrici cervicali sia valido per migliorare il quadro clinico del paziente e possa essere considerato come un potenziale strumento terapeutico.

I risultati di tale studio hanno evidenziato una riduzione della sintomatologia dolorosa ed una aumento del ROM cervicale in soggetti con chronic neck pain rispetto al gruppo di controllo (anch'esso con chronic neck pain), grazie alla associazione del GDR task al trattamento fisioterapico.

Si ipotizza che il dolore cronico sia dovuto ad un incongruenza tra i segnali di feedback sensoriali e quelli visuosomatici nelle aree corticali preposte a ricevere tali input e che questo conflitto prolungato nel tempo comporti delle modifiche a livello neuronale in queste aree, il che rende poi difficile un adeguato trattamento.

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

² Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

I meccanismi patologici presenti in soggetti con disturbi muscoloscheletrici cervicali sono accompagnati da dolore prolungato e limitazione del ROM cervicale.

La prolungata inibizione del movimento cervicale può risultare come un meccanismo atto a ridurre il dolore.

Tale compensazione dell'attività muscolare, però, può scatenare spasmi dolorosi della muscolatura cervicale.

Questo circolo vizioso rafforza il meccanismo di compensazione e altera il programma motorio a livello dei processi corticali.

I risultati di tale studio sottolineano l'importanza di quella che è l'attivazione dei neuroni specchio data dall'osservazione, da parte di soggetti con chronic neck pain, del movimento di rotazione del capo svolta dall'esaminatore, con riconoscimento della direzione dello sguardo (GDR task), il che può produrre la giusta immagine motoria a livello neurale e attivare le aree specifiche a livello corticale.

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

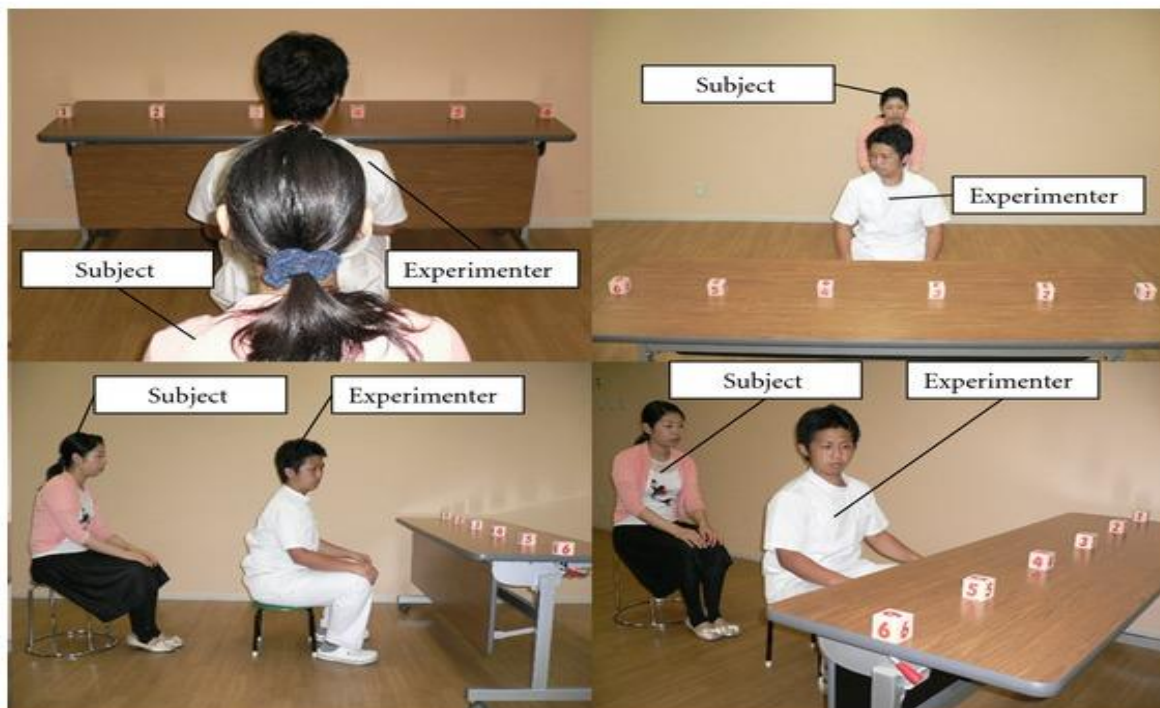
² Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

Le attuali raccomandazioni per quanto riguarda la riabilitazione dei disordini muscoloscheletrici cervicali oltre a contenere quelli che sono gli interventi cervicali specifici, vestibolari ed oculomotori esposti nel lavoro di Treleaven¹, si arricchiscono grazie a tale studio che introduce, come potenziale strumento terapeutico, un compito (Fig 4.1) volto ad agire sulla modificazione plastica delle sinapsi neuronali delle aree cerebrali specializzate.



(Fig 4.1) Compito in cui viene chiesto al soggetto con chronic neck pain, posto alle spalle dell'esaminatore di osservare i movimenti della testa svolti da quest'ultimo e riuscire a riconoscere la direzione del suo sguardo.

¹ Julia Treleaven, Manual Therapy 13 (2008) 2–11 (Neck Pain and Whiplash Research Unit, Division of Physiotherapy, University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia).

² Sureeporn Uthaikhup, Gwendolen Jull, Somporn Sungkarat, Julia Treleaven Archives of Gerontology and Geriatrics (2012).

³ Catharina S. M. Bexander, Paul W. Hodges, Exp Brain Res (2012) 217:67–77.

⁴ Julia Treleaven, Gwendolen Jull, Helena Grip, Manual Therapy 16 (2011) 252e257.

⁵ Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Rehabilitation Research and Practice 2012 May 7.

5. CONCLUSIONI

Il lavoro condotto ha rilevato che soggetti con disturbi muscoloscheletrici cervicali quali chronic neck pain e Whiplash-associated disorders presentano deficit di propriocezione ed oculomotricità indotti da un' alterata integrazione tra le informazioni afferenti provenienti dal sistema visivo, vestibolare e dai propriocettori cervicali.

Tale lavoro, inoltre, ha evidenziato l'importanza di considerare nel trattamento riabilitativo dei disturbi muscoloscheletrici cervicali l'aspetto legato alle modificazioni cerebrali a cui vanno incontro soggetti con tali disturbi.

Dalle ricerche svolte infatti è emersa l'importanza del compito di riconoscimento dello sguardo da parte di soggetti con chronic neck pain nel migliorare il proprio quadro clinico.

Sono necessarie ulteriori ricerche che possano definire trattamenti sempre più specifici per i soggetti con disturbi muscoloscheletrici cervicali, sopportati dai link esistenti tra sintomi cervicali, cause che gli determinano e modificazioni che ne derivano.

6. BIBLIOGRAFIA

Articoli di background

1. Silva AG, Cruz AL. Standing balance in patients with whiplash-associated neck pain and idiopathic neck pain when compared with asymptomatic participants: A systematic review. *Physiother Theory Pract* (2012).
2. Treleaven Julia, Kristjansson Eythor, Sensorimotor Function and Dizziness in Neck Pain: Implications for Assessment and Management, *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, may 2009 | volume 39 | number 5 |.
3. Treleaven Julia, Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control, *Manual Therapy* 13 (2008) 2–11.
4. Whiplash, Headache and Neck Pain: Research Based Directions for Physical Therapies (cap. 5), Gwendolen Jull, Michele Sterling, Deborah Falla, Julia Treleaven, Shaun O'leary, Editore: Churchill Livingstone, Data di Pubblicazione: May 2008.
5. Treleaven Julia, Dizziness, Unsteadiness, Visual Disturbances, and Postural Control - Implications for the Transition to Chronic Symptoms After a Whiplash Trauma, *SPINE* Volume 36, Number 25S, pp S211–S217 ©2011, Lippincott Williams & Wilkins.

Articoli di foreground

1. Alpini D, Ciavarro GL, et al. Evaluation of head-to-trunk control in whiplash patients using digital CranioCorpoGraphy during a stepping test. *Gait and Posture* 2005;22(4):308–16.
2. Baloh R, Halmagyi G. Disorders of the vestibular system. New York:Oxford University Press; 1996.
3. Bexander Catharina S. M, Hodges Paul W, Cervico-ocular coordination during neck rotation is distorted in people with whiplash-associated disorders, *Exp Brain Res* (2012) 217:67–77.
4. Bolton PS, Kerman IA, et al. Influences of neck afferents on sympathetic and respiratory nerve activity. *Brain Research Bulletin* 1998;47(5):413–9.
5. Bove M, Courtine G, et al. Neck muscle vibration and spatial orientation during stepping in place in humans. *Journal of Neurophysiology* 2002;88(5):2232–41.
6. Boyd Clark L, Briggs C, et al. Muscle spindle distribution, morphology, and density in the longis colli and multifidus muscles of the cervical spine. *Spine* 2002;27(7):694–701.
7. Courtine G, Papaxanthis C, et al. Gait-dependent integration of neck muscle afferent input. *Neuroreport* 2003;14(18):2365–8.
8. Fattori B, Borsari C, et al. Acupuncture treatment for balance disorders following whiplash injury. *Acupuncture and Electro-Therapeutics Research* 1996;21(3–4):207–17.

9. Field S, Treleaven J, et al. Standing balance: a comparison between idiopathic and whiplash induced neck pain. *Manual Therapy* 2007, in press, doi:10.1016/j.math.2006.12.005.
10. Fischer A, Verhagen WIM, et al. Whiplash injury. A clinical review with emphasis on neurootological aspects. *Clinical Otolaryngology*, 1997;22(3):192–201.
11. Flor H. Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2003;35:66–72.
12. Hansson EE, Mansson NO, et al. Dizziness among patients with whiplash-associated disorder: a randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2006;38(6):387–90.
13. Heikkilä H, Johansson M, et al. Effects of acupuncture, cervical manipulation and NSAID therapy on dizziness and impaired head repositioning of suspected cervical origin: a pilot study. *Manual Therapy* 2000;5(3):151–7.
14. Hildingsson C, Wenngren BI, et al. Eye motility dysfunction after soft tissue injury of the cervical-spine—a controlled, prospective-study of 38 patients. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1993;64(2):129–32.
15. Hulse M, Holzl M. Vestibulospinal reflexes in patients with cervical disequilibrium (“the cervical staggering”). *HNO* 2000;48(4):295–301.
16. Humphreys B, Irgens P. The effect of a rehabilitation exercise program on head repositioning accuracy and reported levels of pain in chronic neck pain subjects. *Journal of Whiplash and Related Disorders* 2002;1(1):99–112.
17. Le Pera D, Graven-Nielsen T, et al. Inhibition of motor system excitability at cortical and spinal level by tonic muscle pain. *Clinical Neurophysiology* 2001;112(9):1633–41.
18. Lennerstrand G, Han Y, et al. Properties of eye movements induced by activation of neck muscle proprioceptors. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 1996;234(11):703–9.
19. Loudon JK, Ruhl M, et al. Ability to reproduce head position after whiplash injury. *Spine* 1997;22(8):865–8.
20. McPartland JM, Brodeur RR, et al. Chronic neck pain, standing balance, and suboccipital muscle atrophy—a pilot study. *Journal of Manipulative Physiological Therapeutics* 1997;20(1):24–9.
21. Mergner T, Schweigart G, et al. Eye movements evoked by proprioceptive stimulation along the body axis in humans. *Experimental Brain Research* 1998;120(4):450–60.
22. Montfoort I, Kelders WPA, et al. Interaction between ocular stabilization reflexes in patients with whiplash injury. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 2006;47(7):2881–4.
23. Nobusako S, Matsuo A, Morioka S, Effectiveness of the gaze direction recognition task for chronic neck pain and cervical range of motion: a randomized controlled pilot study. *Rehabilitation Research and Practice* 2012 May 7.
24. Passatore M, Roatta S. Influence of sympathetic nervous system on
25. sensorimotor function: whiplash associated disorders (WAD) as a
26. model. *European Journal of Applied Physiology* 2006;98:423–49.
27. Peterson BW. Current approaches and future directions to understanding control of head movement. *Brain Mechanisms for the Integration of Posture and Movement* 2004;143:369–81.

28. Poole E, Treleaven J, et al. The influence of neck pain on balance and gait parameters in community dwelling elders. *Manual Therapy* 2007 (epub ahead of print).
29. Shumway-Cook A, Horak F. Assessing the influence of sensory integration on balance. *Physical Therapy* 1986;66:1548–50.
30. Sjostrom H, JA, JH, et al. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests in patients with chronic whiplash injury symptoms. *Spine* 2003; 28(15): 1725–34
31. Sterling M, Jull G, et al. Development of motor system dysfunction following whiplash injury. *Pain* 2003;103(1–2):65–73.
32. Storaci R, Manelli A, et al. Whiplash injury and oculomotor dysfunctions: clinical-posturographic correlations. *European Spine Journal* 2006;15(12):1811–6.
33. Tjell C, Rosenhall U. Smooth pursuit neck torsion test: a specific test for cervical dizziness. *American Journal of Otology* 1998;19(1):76–81.
34. Tjell C, Tenenbaum A, et al. Smooth pursuit neck torsion test - a specific test for whiplash associated disorders? *Journal of Whiplash and Associated Disorders* 2003;1(2):9–24.
35. Treleaven J, Jull G, et al. Dizziness and unsteadiness following whiplash injury: characteristic features and relationship with cervical joint position error. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2003;35(1):36–43.
36. Treleaven J, Jull G, et al. Smooth pursuit neck torsion test in whiplash associated disorders-relationship to self reports of neck pain and disability, dizziness and anxiety. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2005a;37(4):219–23.
37. Treleaven J, Jull G, et al. Standing balance in persistent WAD, comparison between subjects with and without dizziness. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2005b;37(4):224–9.
38. Treleaven J, Jull G, et al. The relationship of cervical joint position error to balance and eye movement disturbances in persistent whiplash. *Manual Therapy* 2006;11(2):99–106.
39. Treleaven Julia, Jull Gwendolen, Grip Helena, Head eye co-ordination and gaze stability in subjects with persistent whiplash associated disorders, *Manual Therapy* 16 (2011) 252e257.
40. Uhlig Y, Weber BR, et al. Fiber composition and fiber transformation in neck muscles of patients with dysfunction of the cervical spine. *Journal of Orthopaedic Research* 1995;13:240–9.
41. Uthairakp Sureeporn, Jull Gwendolen, Sungkarat Somporn, Treleaven Julia, The influence of neck pain on sensorimotor function in the elderly, *Archives of Gerontology and Geriatrics* (2012).