



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. 2016/2017

Campus Universitario di Savona

VALUTAZIONE DELL'ALTERAZIONE QUALITATIVA DEL MOVIMENTO ATTIVO CERVICALE NEI SOGGETTI CON NECK PAIN, UNA REVISIONE DELLA LETTERATURA

Candidato:

Dott. Ft. Priolisi Alessandro

Relatore:

Dott. Ft. OMT Arbasetti Chiara

SOMMARIO

ABSTRACT.....	5
1. INTRODUZIONE.....	6
2. MATERIALI E METODI.....	8
• 2.1 obiettivi e quesito di revisione.....	8
• 2.2 criteri di inclusione ed esclusione.....	9
• 2.3 strategia di ricerca.....	9
• 2.4 criteri di selezione degli studi	10
• 2.5 valutazione della validità interna	10
3. RISULTATI.....	11
• 3.1 Estrapolazione dei dati.....	12
• 3.2 Caratteristiche cinematiche del movimento attivo: fluidità, velocità del movimento.....	19
• 3.3 Pattern di attivazione muscolare, Endurance muscolare e forza.....	34
• 3.4 Pattern di movimento artrocinematico.....	43
4. CONCLUSIONI.....	48
5. DISCUSSIONE.....	54
6. BIBLIOGRAFIA.....	55

ABSTRACT

INTRODUZIONE: il neck pain non specifico (NS-NP) viene definito come un'affezione che determina una sintomatologia dolorosa a livello della colonna cervicale, compresa la zona interscapolare e la zona anteriore del collo, che non ha una specifica causa riscontrabile nel danno anatomico di una struttura del rachide. La letteratura recente sta focalizzando l'attenzione sull'importanza della valutazione della qualità del movimento attivo, al fine di riscontrare l'eventuale presenza di impairments del sistema sensoriale e motorio, e indirizzare il trattamento verso la normalizzazione delle alterazioni riscontrate. L'obiettivo di questa revisione è quello di comprendere ed identificare le alterazioni qualitative del sistema senso-motorio riscontrabili nella valutazione del movimento attivo cervicale nei soggetti con dolore al collo non specifico.

MATERIALI E METODI: E' stato utilizzato un protocollo di revisione, seguendo le indicazioni contenute nella checklist PRISMA-P. La ricerca è stata eseguita su MEDLINE, attraverso stringhe elaborate in modo specifico seguendo le indicazioni della checklist. Sono stati inclusi studi cross-sectional, studi di coorte, caso controllo, e revisioni sistematiche che indagano le alterazioni qualitative riscontrabili nei movimenti attivi cervicali tra cui la velocità e la fluidità del movimento, controllo motorio e il pattern di attivazione artrocinematico. Gli articoli sono stati selezionati leggendo titolo, abstract e full-text. La validità interna degli studi selezionati è stata condotta attraverso la scala NOS e la scala AXIS per gli studi cross-sectional.

RISULTATI: la ricerca ha prodotto un totale di 705 articoli, e in seguito alla lettura di titolo, abstract e full text sono stati selezionati 27 articoli, in quanto conformi ai criteri di eleggibilità scelti. Per uniformare gli argomenti dei lavori esaminati, sono stati creati tre paragrafi in cui sono stati raggruppati i diversi temi trattati.

CONCLUSIONI: dalla revisione emerge che nei soggetti con neck pain non specifico è presente una diminuzione della velocità e della fluidità di tutti i movimenti effettuati nei piani primari; non sempre le variazioni identificate sono statisticamente significative, inoltre le strumentazioni e i protocolli di valutazione utilizzati sono sempre diversi, fatta esclusione dagli studi fatti dai medesimi autori. È presente inoltre un'alterazione del pattern di reclutamento muscolare con facilitazione della muscolatura mobilizzatrice primaria e un deficit della muscolatura stabilizzatrice profonda. Per quanto riguarda il terzo ed ultimo paragrafo, non sono stati trovati in letteratura studi che confrontassero le differenze delle variabili cinematiche qualitative della colonna cervicale alta e bassa. Gli studi considerati si focalizzano sulla differenza di escursione articolare tra rachide cervicale superiore.

1. INTRODUZIONE

Il neck pain è uno dei più frequenti disturbi muscoloscheletrici. I valori di prevalenza in un anno variano tra il 30% e il 50% nella popolazione adulta. Nell'arco della vita la prevalenza varia tra il 14,2% e il 71%^{1,2}. Il picco di incidenza è intorno ai 45-50 anni, generalmente è maggiormente colpita la popolazione femminile. Nella popolazione lavorativa circa l'11-14% riporta una limitazione di attività a causa del neck pain^{1,2,3}. Le categorie maggiormente colpite sono rappresentate da colletti bianchi, lavoratori del video-terminale, professionisti sanitari e lavoratori manuali. I fattori di rischio nella popolazione generale sono rappresentati nella maggior parte dei casi, da fattori lavorativi (mansioni ripetitive, sedentarie, alte richieste/basso controllo, job strain), precedenti episodi di cervicalgia, problemi psicologici, età. Il corso naturale della patologia non è chiaro, è spesso autolimitante e può limitare la partecipazione sociale inducendo al consumo di medicinali. Studi sui fattori prognostici indicano che tra il 50 e l'85% delle persone con neck pain avranno una ripresentazione della sintomatologia da uno a cinque anni dopo^{1,2,3,4}.

Un tema importante riguarda i processi diagnostici per identificare il dolore cervicale; per i disordini cervicali specifici quali fratture, mielopatia, lussazioni atlanto-odontoidee, il clinico si affida, oltre che alla raccolta anamnestica, alle bioimmagini⁵. Si definisce quindi come neck pain specifico la sintomatologia dolorosa a cui è possibile attribuire una specifica e certa causa anatomica⁶. La moderna scienza del dolore ha dimostrato però come spesso non esistano evidenze sul rapporto esistente tra le bioimmagini e la sintomatologia del paziente, la maggior parte degli studi sono stati condotti a livello lombare, ma ultimamente la ricerca sta osservando che anche a livello della colonna cervicale e del cingolo scapolare il discorso è analogo. In molti casi non è possibile identificare la causa specifica sottostante la sintomatologia del paziente, né la fonte dei sintomi^{5,6}. Come conseguenza questo tipo di affezione viene classificata come "non specifica". La creazione di questa categoria comporta la mancanza di un gold standard nella valutazione dei disturbi cervicali non specifici. Secondo questo modello il neck pain non specifico (NS-NP) viene primariamente diagnosticato sulla base dei reperti dell'esame soggettivo e dell'esame clinico, in tutte quelle condizioni sintomatologiche in cui non vi sono segni o sintomi di condizioni serie che richiedono un intervento medico. Nel caso dei disturbi non specifici a livello cervicale riveste fondamentale importanza nella ricerca degli impairments, la valutazione delle alterazioni senso-motorie^{4,8,9}.

La maggior parte dei soggetti riceve un trattamento di tipo conservativo o di tipo manuale, ma attualmente ancora non è chiaro quali indicatori diagnostici dirigano l'intervento. Gli impairments riscontrati nella valutazione possono essere molteplici ma negli ultimi anni la ricerca si sta ponendo come obiettivo quello di dimostrare la correlazione tra le alterazioni del sistema senso-motorio e la

sintomatologia dolorosa o la disabilità riportata dai pazienti¹⁰. Un'importante funzione della colonna cervicale è quella di provvedere un veloce e preciso movimento in relazione agli stimoli ambientali. Il corretto orientamento spaziale è garantito dall'interazione di un sistema complesso formato dal sistema visivo, vestibolare e somato-sentitivo. Le informazioni provenienti da questi 3 subsistemi ci permettono di mantenere in maniera automatica e inconscia lo stato di equilibrio; se uno dei sistemi viene danneggiato o se le afferenze da esso veicolate sono distorte, si crea un conflitto di informazioni che genera un'alterazione nel controllo senso-motorio. Il distretto cervicale è composto da muscoli superficiali e profondi deputati a mantenere il corretto orientamento della testa nello spazio grazie alla folta presenza di propriocettori; l'insorgenza del dolore determina un'alterazione della capacità motoria e quindi una variazione della qualità delle informazioni provenienti da questo distretto^{8,9,10,11}.

In letteratura viene riportato che nei pazienti affetti da NS-NP possono essere presenti alterazioni del controllo motorio e della funzione senso-motoria cervicale. I pazienti affetti da neck pain possono quindi mostrare un ritardo nell'attivazione dei flessori profondi cervicali, un aumento di attività dei flessori superficiali, pattern di movimento a scatti, diminuita endurance dei flessori profondi, diminuzione della resistenza e della specificità di attivazione, aumenti di fatica e co-contrazioni muscolari, ritardo nel timing di attivazione anticipatorio, minor velocità dei movimenti, diminuzione del controllo della traiettoria, movimenti rigidi e irregolari, aumento delle oscillazioni posturali, e diminuzione del senso di posizione. Comunque nessun parametro preso singolarmente rappresenta un indice di disfunzione. È possibile che anche altri sintomi come vertigini e disturbi visivi vengano esacerbati nei movimenti cervicali dei soggetti con neck pain e possano quindi influenzare l'escursione articolare, la velocità e l'accuratezza dei movimenti^{4,8,9,10,11,12}.

Quindi i disturbi oggettivi lamentati dal paziente possono essere associati con menomazioni a carico del sistema senso-motorio, come il deficit di controllo della testa nello spazio e la stabilità posturale. Per questo motivo la ricerca sta ponendo molta attenzione al trattamento degli impairments associati a disfunzioni del controllo motorio cervicale. Alcuni studi suggeriscono che in particolare la misura della velocità sia molto sensibile e specifica per i pazienti con disturbi cervicali ed abbia molti risvolti con le attività funzionali come ad esempio la guida di veicoli^{4,13}. Altri studi hanno provato a dimostrare un'associazione tra il range of motion, la velocità dei movimenti, la fluidità e il dolore e la disabilità riportati dai pazienti. Numerosi studi riportano come nei soggetti affetti da cervicgia si verifichi una diminuzione del rom, rispetto ad un gruppo controllo, non è chiaro però quale sia il movimento maggiormente limitato^{8,10}. Altri studi hanno indagato anche il senso di posizione cervicale, in questo caso alcuni rilevano una diminuzione della sensibilità propriocettiva nei soggetti con neck pain¹⁴, altri non rilevano differenze significative rispetto ad un gruppo controllo⁴. Misure

elettromiografiche della muscolatura superficiale e profonda hanno rilevato un pattern di attivazione alterato nei soggetti con neck pain; i flessori cervicali profondi tra cui il muscolo lungo del collo e lungo della testa presentano una diminuzione di attività, viceversa i muscoli superficiali quali scom, e scaleni sono risultati iperattivi. Un incremento di attività è stata registrata anche nei muscoli estensori cervicali e durante le attività degli arti superiori¹⁵. Inoltre si osserva un ritardo di attivazione nei movimenti rapidi indicando la presenza di deficit del feedforward movement¹⁶. Mediamente la forza muscolare diminuisce dal 20% al 50% rispetto ai controlli. Non è chiaro però se questo tipo di disfunzioni possano essere correlate con la sintomatologia del paziente^{15,16}. A livello lombare per esempio si osserva una nei soggetti con lombalgia un ritardo nell'attivazione del muscolo trasverso dell'addome; la disfunzione però permane anche con la risoluzione del sintomo del paziente, quindi non è possibile stabilire con certezza la relazione tra dolore e impairment funzionali muscolari o propriocettivi.

In un'ottica di questo tipo la revisione sistematica si pone come obiettivo quello di valutare i parametri qualitativi riscontrabili nei movimenti attivi cervicali e confrontarli nei soggetti patologici e in quelli sani. Verranno presi in considerazione i parametri qualitativi del pattern di movimento, quindi la fluidità, la velocità, il controllo della traiettoria, e la propriocezione. Il secondo obiettivo della revisione è la ricerca di pattern di attivazione specifici, quali il pattern di attivazione muscolare e/o la presenza di un pattern biomeccanico alterato nella colonna cervicale.

2. MATERIALI E METODI

È stato redatto un protocollo di revisione seguendo le indicazioni contenute nella checklist PRISMA-P per le revisioni sistematiche.

2.1 OBIETTIVI E QUESITO DI REVISIONE

La revisione sistematica si pone i seguenti obiettivi:

- Valutazione dei parametri qualitativi riscontrabili nei movimenti attivi cervicali:
- Qualità del movimento: pattern di movimento, attivazione muscolare, velocità dei movimenti analizzati
- Controllo della traiettoria
- Propriocezione
- Ricerca di pattern di movimento specifici:
- Presenza di un pattern biomeccanico alterato nella colonna cervicale

2.2 CRITERI DI INCLUSIONE ED ESCLUSIONE

I criteri di inclusione scelti sono:

- Soggetti con cervicalgia da almeno 2 settimane
- Dolore valutato con la scala NRPS >3
- Adulti (>18 anni)
- Verranno presi in considerazione studi osservazionali, studi trasversali e revisioni sistematiche

Criteri di esclusione:

- Pazienti con storia di sintomi neurologici o condizioni ortopediche/neurologiche che interessano il sistema motorio
- Storia di chirurgia a livello cervicale
- Fratture o instabilità strutturale
- Patologie reumatiche o red flags

2.3 STRETEGIA DI RICERCA

La ricerca è stata condotta attraverso l'utilizzo del database MEDLINE tramite l'interfaccia di PubMed attraverso una stringa di ricerca e attraverso il databse PEDro e Cochrane. La stringa di ricerca è stata elaborata seguendo il modello PICO come di seguito riportato.

	P I C O
Popolazione	Popolazione adulta con sintomi attribuibili a cervicalgia aspecifica, wad, cefalea cervicogenica
Intervento	Valutazione dell'escursione articolare attiva, della biomeccanica e cinematica cervicale
Comparison	Altre modalità per la valutazione del movimento attivo e del pattern di attivazione cervicale
Outcome	Misure e metodi per la valutazione del movimento attivo cervicale e del pattern di attivazione muscolare

Database	Stringa utilizzata
Medline	(((((("neck pain" OR "whiplash" OR "wad" OR "cervicogenic headache" OR "cervicalgia")) AND ("cervical assessment" OR "cervical rom" OR "cervical range of motion" OR "cervical kinematic*" OR "cervical differential kinematic*" OR "movement coordination" OR "cervical biomec*" OR "cervical spine motion" OR "mobilit*" OR "flexibilit*" OR "cervical three dimensional kinematic" OR "cervical kinematic analysis" OR "virtual reality" OR "inclinometer" OR "goniometer" OR "electronic device ")))) NOT (("surgery"[Title/Abstract] OR "exercise*"[Title/Abstract] OR "therapy"[Title/Abstract]))
Cochrane	neck pain OR cervicogenic headache OR whiplash AND cervical rom OR cervical assessment OR cervical kinematic OR cervical biomechanic OR cervical three dimensional kinematic OR cervical kinematic analysis OR virtual reality OR inclinometer OR goniometer OR electronic device NOT surgery OR treatment OR exercise OR therapy

2.4 CRITERI DI SELEZIONE DEGLI STUDI

La selezione è stata condotta dapprima eliminando i record duplicati. Successivamente sono stati selezionati gli articoli attraverso lettura di titolo e abstract. In seguito è stato letto il full text degli articoli selezionati verificando la corrispondenza con tutti i criteri di inclusione ed esclusione.

2.5 VALUTAZIONE DELLA VALIDITA' INTERNA

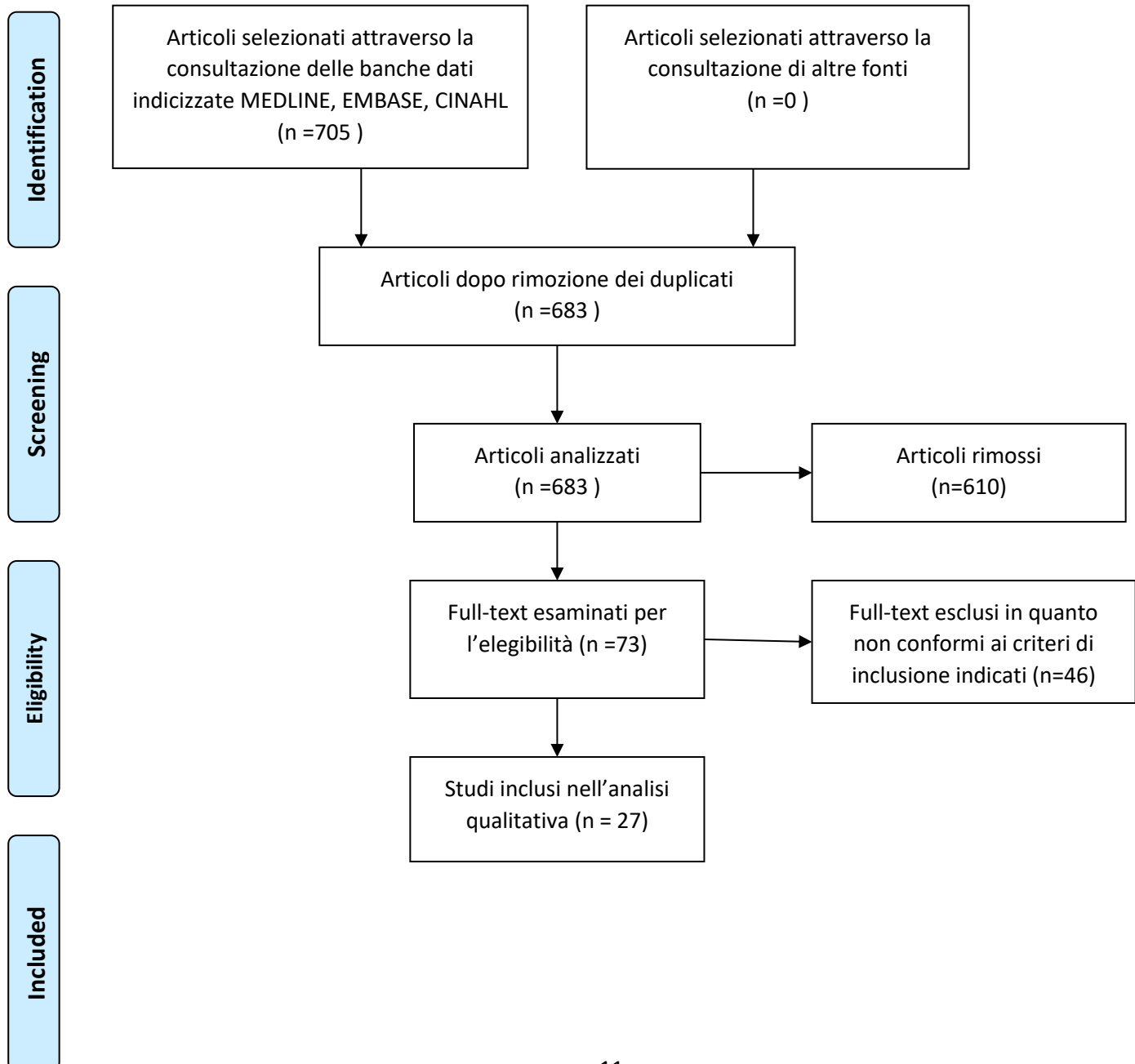
Negli studi selezionati i bias vengono valutati con la New Castle Ottawa Scale (NOS) e con la scala AXIS appraisal tool for cross-sectional studies.

3. RISULTATI

La ricerca attraverso i database scelti ha portato alla selezione di un totale di 705 articoli. Dopo l'eliminazione dei duplicati e la lettura di titolo e/o abstract sono stati esaminati per l'eleggibilità 73 articoli. La lettura dei full-text ha permesso di selezionare 34 articoli per l'analisi qualitativa.



PRISMA Flow Diagram



3.1 ESTRAPOLAZIONE DEI DATI

I dati relativi ad ogni articolo sono stati sintetizzati e raggruppati in una tabella al fine di sottolineare i punti chiave di ogni articolo, in particolare lo scopo del lavoro, il disegno di studio, il metodo di valutazione del movimento usato, le misure di outcome e la validità interna.

TABELLA 1.

TITOLO/AUTORE	POPOLAZIONE	SCOPO E DISEGNO DI STUDIO	SISTEMA DI VALUTAZIONE	OUTCOME	NOS/AXIS
Sensorimotor disturbances in chronic neck pain—Range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. Sjolander 2008	Controlli=16 età media 41aa NS-NP=9 età media 40aa WAD=7 età media 45aa	single blinded, controlled comparative group study. lo scopo è quello valutare qualitativamente e quantitativamente le funzioni senso-motorie durante le rotazioni cervicali mediante misurazione del ROM, picco di velocità, fluidità del movimento, e gli errori di posizionamento, al fine di valutare la possibile eziologia della cervicalgia aspecifica tra un gruppi di pazienti (cervicalgia aspecifica e WAD) e uno di soggetti sani	sistema di rilevamento elettromagnetico (FASTRAK, Polhemus).	Rom: differenza statisticamente significativa (DSS) in rotazione destra tra gruppo WAD e controllo Velocità: Nessuna DSS fluidità: DSS in rotazione sinistra tra gruppo WAD e controllo Variabilità rom :Nessuna DSS	8
The effect of neck pain on cervical kinematics, as assessed in a virtual environment. Bahat.2010	NS-NP=25 Età media 39aa controlli=42 età media 35aa	cross-sectional study. l'obiettivo è confrontare la cinematica cervicale durante il movimento funzionale in pazienti con dolore al collo non specifico e in individui asintomatici. Vengono misurate il picco di velocità, la velocità media, "numero di picchi di velocità" (NVP) e il "time to peak percentage" (TTTP) .	sistema di realtà virtuale che prevede di colpire con un laser montato su un casco, una mosca che appare su un display.	Fluidità (NVP) : DSS in tutti i movimenti primari Velocità (media e max) : DSS in tutti i movimenti primari tra gruppo NS-NP e gruppo controllo Response time: Nessuna DSS TTTP: Nessuna DSS	18
Interactive cervical motion kinematics: sensitivity, specificity and clinically significant values for identifying kinematic impairments in patient with cnp. Trelevean 2014	NS-NP=33 età media 33aa controlli=22 Età media 37 aa	cross-section study. lo scopo è confrontare le caratteristiche cinematiche cervicali durante il movimento attivo in pazienti con dolore al collo e controlli, compresi velocità media e picco di velocità, e fluidità. Obiettivo secondario è quello di trovare la sensibilità e la specificità di ciascuna delle misure cinematiche al fine di ottenere i valori di cutoff ottimali per la definizione delle alterazioni cinematiche nei soggetti con dolore al collo. Le misure di outcome includono il picco e la velocità media, la fluidità del movimento (NVP), il TTTP e l' accuratezza del movimento.	La VR qui utilizzata differisce dalla precedente in quanto il soggetto deve controllare un aereo attraverso un ambiente di ostacoli da superare e/o da colpire, elicitando i movimenti di flessione/estensione e rotazione.	Velocità (media e max): DSS in tutti i movimenti primari NS-NP vs Controlli Response time: Nessuna DSS Fluidità (NVP): DSS in tutti i movimenti primari TTTP: dss in flessione/estensione NS-NP vs Controlli	15
Factors associated with cervical kinematic impairments in patients with neck pain. Treleaven 2016.	NS-NP=24 WAD=15	cross-sectional study. lo scopo è determinare se alcuni fattori come la dizziness, i disturbi visivi, il deficit nell'equilibrio, il JPE, l'intensità del dolore e la paura del movimento siano associate a misure oggettive degli impairments (rom, velocità, accuratezza dei movimenti) nei movimenti cervicali in un gruppo di soggetti con NS-NP. Vengono utilizzate come misure di outcome la scala VAS, l' NDI, il dizziness handicap index short form (DHIsf), il TSK e il PfactS-C.	Il sistema di realtà virtuale utilizzato è il medesimo dello studio precedente	correlazione maggiore dei movimenti rotazionali con l'escursione di movimento, la velocità, l'intensità del dolore (VAS), la disabilità, la dizziness, i disturbi visivi e l'equilibrio dinamico nei soggetti con neck pain.	15

Evidence for a general stiffening motor control pattern in neck pain: a cross-sectional study. Woodhouse 2015	NS-NP=75 età media 40aa. controlli=91 età media 43aa	comparative case-control study. lo scopo è comparare il controllo motorio cervicale tra un gruppo di soggetti con NS-NP e un gruppo di soggetti sani. l'obiettivo secondario è valutare l'associazione tra dolore, disabilità, kinesiofobia e il controllo motorio cervicale (rom, velocità, movimenti combinati, propriocezione, traiettorie di movimento, oscillazioni posturali, "compattezza" della testa).	I dati relativi ai movimenti del capo vengono in questo caso acquisiti con sensori elettromagnetici applicati sulle arcate sopraciliari, sul processo spinoso di T2 e a livello di L4. La propriocezione attraverso il JPE, . La traiettoria di movimento attraverso il FOE test, la fermezza della testa viene valutata attraverso il CCFT, il tempo di tenuta viene utilizzato come outcome. Le oscillazioni posturali vengono valutate in una serie di prove per l'equilibrio della durata di 60 secondi.	i risultati dello studio mostrano che i pazienti presentano minor escursione in tutti i movimenti cervicali, ridotti movimenti combinati, minore velocità, minor endurance, traiettorie di movimento meno fluide, e maggiori oscillazioni posturali.	7
Neck motion, motor control, pain and disability: A longitudinal study of associations in neck pain patients in physiotherapy treatment. Woodhouse. 2016	NS-NP= 81 età media 43,3aa	prospective cohort study. ripropone i test utilizzati nello studio precedente (rom, jpe, foe, ccft, equilibrio), prima e dopo un programma riabilitativo multimodale (terapia manuale ed esercizio terapeutico) della durata di 4 settimane.		A due settimane circa i 2/3 dei soggetti hanno dimostrato una significativa riduzione della maggior parte dei parametri considerati. l'unica variabile il cui miglioramento è associato anche ad una diminuzione della disabilità e del dolore è il rom in flessione/estensione.	8
Neck motion patterns in whiplash-associated disorders: quantifying variability and spontaneity of movement. Bertomeu. 2010	Controlli=29 N= 10 età (20-30aa). N=9 (30-40aa). N=10 (40-50aa) pazienti=30 N=9 (20-30aa). N=11 (30-40aa) N=11 (40-50aa) simulatori=30 N=11 (20-30aa) N=9 (30-40) N=10 (40-50aa)	cross-sectional study. quantificare alcune caratteristiche riscontrabili nei movimenti attivi cervicali in un popolazione di soggetti affetti da WAD, in un gruppo di controllo e un gruppo di "simulatori" (gruppo di soggetti che non presentano più alcun sintomo da 2 mesi, ma che precedentemente hanno sofferto di whiplash associated disorder)	modello dinamico per il rilevamento delle oscillazioni armoniche che consta di un sistema di registrazione di video-fotogrammi (kinescan IVB) attraverso markers affissi su di un casco	I pazienti sia rispetto ai controlli, sia rispetto ai simulatori mostrano una minor escursione di movimento, una minor velocità ed accelerazione angolare (differenze statisticamente significative)	6
3-Dimensional cervical movement characteristics in healthy subjects and subgroups of chronic neck pain patients based on their pain location. Waeyaert. 2015	controlli=150 età media 40,85aa. Asimmetrical=16 età media 49,40aa. SimmetricalNP=21 età media 43,10aa	cross-sectional study. l'obiettivo è quello di comparare le caratteristiche qualitative e quantitative dei movimenti attivi cervicali in un gruppo di pazienti con chronic neck pain e un gruppo di soggetti sani. Suddividono inoltre il gruppo di studio in base alla localizzazione del dolore (unilaterale o bilaterale)	sistema di rilevamento elettromagnetico (Birds, Ascension Technologies). Vengono valutate la rotazione assiale, il side bending e la flessione/estensione. Viene registrato il rom dei movimenti primari e accoppiati come variabile quantitativa, la fluidità attraverso il jerk index come variabile qualitativa.	ROM: DSS nel side bending tra il gruppo di controllo ed entrambi i gruppi con neck pain. La fluidità: DSS in tutti i piani testati tra gruppo controllo e gruppi con dolore al collo.	19
Kinematics of fast cervical rotations in persons with chronic neck pain: a cross-sectional and reliability study. Röijezon. 2010	controlli=16 donne età media 45aa NS-NP=16 età media 48aa	combined cross-sectional and a test-retest reliability design. l'obiettivo è investigare la fluidità dei movimenti cervicali in rotazione in un gruppo di donne affette da neck pain aspecifico e un gruppo di controllo, costituito sempre da donne, senza sintomi.	sistema di rilevamento elettromagnetico (fastrak). Immediatamente prima e dopo la procedura, viene registrato il livello di dolore dei pazienti attraverso la scala NRS, NDI e DASH	Velocità max: DSS tra gruppo sperimentale e controllo Rom: DSS tra gruppo sperimentale e controllo Movimenti combinati: DSS tra gruppo sperimentale e controllo	18

Movement behaviour in patients with chronic neck pain. Vogt . 2007	NP=16 età. media 55.8 aa controlli=18. età media 56.6aa	cross-sectional study. l'autore si propone di esaminare se in un gruppo pazienti affetti da NS-NP si verificano delle deviazioni nella cinematica cervicale durante alcuni movimenti ripetuti, rispetto ad un gruppo di soggetti sani.	sistema di analisi del movimento ad ultrasuoni (ZEBRIS cms);	Rom : DSS tra gruppo sperimentale e controllo in tutti i movimenti testati Variabilità movimento: DSS tra gruppo sperimentale e controllo	16
Muscle activity and head kinematics in unconstrained movements in subjects with chronic neck pain; cervical motor dysfunction or low exertion motor output? Vikne. 2013	WAD=15. età media 40,1aa Controlli=15 età media 38,7	comparative case-control study. l'obiettivo è esaminare il controllo motorio cervicale e la velocità dei movimenti in un gruppo di soggetti con neck pain cronico dopo whiplash.	L'attività muscolare viene esaminata attraverso il segnale elettromiografico proveniente dal muscolo SCOM (sternocleidomastoideo) e dal muscolo splenio, la cinematica del movimento viene esaminata attraverso un sistema di rilevamento elettromagnetico (Liberty, Polhemus). La fluidità viene esaminata attraverso il jerk index, la velocità viene calcolata facendo compiere i movimenti a ritmi differenti	Velocità DSS tra gruppo WAD e controllo in: • Estensione • flessione dalla massima estensione alla posizione neutra • flessione con partenza dalla posizione neutra • estensione dalla flessione max alla posizione neutra (solo V max) Jerk index: DSS tra gruppo WAD e controllo nella flessione di ritorno dalla massima estensione alla posizione neutra solo a V max EMG: Nessuna DSS	7
Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. Falla. 2004	NS-NP=10 età media 32aa controlli=10 età media 26aa	cross-sectional study. obiettivo dello studio è indagare l'attività della muscolatura superficiale e profonda coinvolta nel movimento di flessione cranio-cervicale in un gruppo di soggetti con cervicaglia aspecifica e un gruppo di controllo.	EMG a livello dei flessori profondi e del muscolo SCOM e scaleno anteriore. viene fatto eseguire il CCFT con l'utilizzo dello stabilizer da 22mmhg a 30mmhg tenendo ogni posizione intermedia (24-26-28mmhg) per 10 secondi.	L'ampiezza del segnale dei flessori cervicali profondi è minore nel gruppo di soggetti con cervicaglia rispetto al gruppo di controllo. Si osserva inoltre un aumento non statisticamente significativo dell'attività dei muscoli SCOM e scaleno anteriore nel gruppo di pazienti	20
Neuromuscular efficiency of the sternocleidomastoid and anterior scalene muscles in patients with chronic neck pain. Falla. 2004	NS-NP=20 età media 29aa controlli=20 età media 30aa	cross-sectional study. obiettivo dello studio è quello di indagare l'efficienza neuromuscolare (NME) del muscolo SCOM e dello scaleno anteriore tra un gruppo di soggetti con NS-NP e un gruppo di controllo senza sintomi.	EMG con contrazione sub-massimale isometrica di flessione cervicale rispettivamente al 25% e al 50% della MVC (maximum voluntary contraction).	la NME è significativamente ridotta nei pazienti, ma solo quando viene richiesta una contrazione sub-massimale al 25% della MVC.	20
Patients with chronic neck pain demonstrate altered patterns of muscle activation during performance of a functional upper limb task. 2004 Falla	NS-NP=10 età media 33,6 aa WAD=10 età media 32,4 aa controlli=10 età media 31,4	cross-sectional study. lo studio indaga la presenza di un pattern aberrante di attivazione muscolare durante task funzionali a basso carico. Viene misurata l'attività EMG del muscolo SCOM, scaleno anteriore, e trapezio superiore.	il task funzionale prevede di compiere dei movimenti circolari in senso antiorario con gli arti superiori.	gruppo wad: aumenti statisticamente significativi emg o dello SCOM e scaleno anteriore di destra e di sinistra e in tutte le condizioni testate e del trapezio superiore bilateralmente quando misurato post-esercizio sia quando paragonato al gruppo NS-NP sia al gruppo di	19

				controllo. gruppo NS-NP: aumenti statisticamente significativi nello SCOM di sinistra in tutte le condizioni e a destra al tempo 10,60,120 secondi. lo scaleno anteriore di sinistra al tempo 10 secondi. l'attività emg del trapezio superiore di destra però è maggiore nel gruppo di controllo a 10,60,120 secondi	
Impaired neck motor function and pronounced pain-related fear in helicopter pilots with neck pain - a clinical approach. Bjorn 2008.	ANP=20 età media 38,9aa dolore attuale 10mm vas SNP=27 età media 35,4aa dolore nei precedenti 3 mesi ma non al momemnto del test controlli=25 età media 38,2aa	multi-center cross-sectional clinical trial. lo scopo è quello di esplorare il controllo motorio cervicale in una popolazione di piloti affetti da cervicaglia non specifica dividendo i soggetti per sintomatologia acuta e sub-acuta e un gruppo di piloti senza sintomi.	EMG a livello dello SCOM nell' esercizio "CCFT". Viene inoltre valutata la contrazione sostenuta dei muscoli flessori cervicali per 30 secondi, il rom attivo in flessione/estensione, flessione laterale e rotazione attraverso un sistema di rilevamento tridimensionale (cervical measurement system, Myrin), per la misurazione del rom in rotazione	EMG: DSS tra gruppi con neck pain e gruppo controllo CCFT: Nessuna DSS tra i gruppi ROM: DSS in flessione/estensione e rotazione tra: • gruppo A-NP e S-NP • gruppo A-NP e controlli	9
Relationship between neck acceleration and muscle activation in people with chronic neck pain: Implications for functional disability. Tsang. 2016	NS-NP=34 Età media 38,4aa Controlli=34 età media 34,3aa	cross sectional study. l'obiettivo di esaminare la correlazione tra l'attività muscolare e l'accelerazione/decelerazione della colonna cervicale e toracica durante i movimenti attivi e in secondo luogo esaminare se il livello di questa relazione è collegata limitazioni funzionali nei soggetti con neck pain	sistema di rilevamento elettromagnetico (Fastrak, Polhemus). emg trapezio superiore (UTR), erettori spinali cervicali e toracici (CES-TES) e sternocleidomastoideo (SCOM).	I risultati dello studio mostrano una significativa diminuzione della capacità muscolare della colonna toracica e cervicale nei soggetti con neck pain. La capacità di generare forza dei muscoli spinali supporta l'evidenza della compromissione della performance di accelerazione-decelerazione nelle persone affette da neck pain cronico	16
Analysis of mechanical properties of cervical muscles in patients with cervicogenic headache. Seung. 2017	pz= 20 età media 33aa controlli=20 età media 31	Cross-sectional study. obiettivo di comparare e analizzare le proprietà meccaniche dei muscoli della colonna cervicale superiore in un gruppo di pazienti affetti da cefalea cervicogenica, al fine di identificare il metodo di trattamento più efficiente	Viene utilizzato un macchinario (myoton pro) per misurare il tono e la stiffness, elasticità muscolare dei muscoli suboccipitali e del trapezio superiore	i risultati mostrano che sono presenti differenze statisticamente significative per quanto riguarda tono e stiffness in entrambi i muscoli testati tra il gruppo sperimentale e il gruppo controllo, mentre non sono presenti differenze per quanto riguarda l'elasticità.	14

Cervical range of motion associations with subclinical neck pain. Lee. 2009	NS-NP=14 età media 29,5aa controlli=26 età media 26,6aa	Cross-sectional study. l'obiettivo è quello di esaminare la morfologia del collo e della testa, la postura, il rom, e la forza dei muscoli del collo, al fine di determinare qualsiasi associazione tra la presenza o l'assenza del neck pain aspecifico e le caratteristiche morfologiche del rachide cervicotoracico	Le Dimensioni fisiche del rachide cervico-toracico sono stati misurate con il Dualer (JTech, American Fork), un dispositivo per la misurazione del movimento cervicale (CROM), un tape per i test di misurazione della postura spinale, e per la misura della circonferenza del collo. per la resistenza dei muscoli del collo viene utilizzato il test di Biering-Sørensen.	endurance muscolare: DSS tra gruppo neck pain e gruppo controllo. rom attivo: DSS nella rotazione verso sinistra e nella protrazione tra i due gruppi postura cervico-toracica: nessuna DSS	18
A comparative investigation of flexion relaxation phenomenon in healthy and chronic neck pain subjects. Maroufi. 2009	NS-NP=22 età media 23aa controlli=21età media 23.4	case-control study. si propone come obiettivo quello di caratterizzare il flexion relaxation phenomenon nella colonna cervicale, in un gruppo di pazienti con neck pain e un gruppo di controllo	Viene registrata l'attività EMG dei muscoli erettori spinali cervicali (CES) e del trapezio superiore (UTR) durante tutte le fasi di movimento	DSS nell'onset del FRP tra i due gruppi. L'attività EMG dei muscoli testati risulta significativamente maggiore nel gruppo di soggetti con neck pain.	6
Neck Movement and Muscle Activity Characteristics in Female Office Workers With Neck Pain. Johnston. 2008	gruppo mild pain=38 età media 43,8 gruppo moderate pain=14 età media 45,4aa gruppo no pain=33 età media 43aa controlli=22 età media 37,4aa	Cross-sectional study. lo scopo è quello di esaminare il controllo motorio cervicale in un gruppo di donne lavoratrici al video-terminale e affette da cervicalgia. viene misurato il ROM, l'endurance muscolare, l'attività del trapezio superiore. Viene somministrato l'NDI.	EMG per i flessori cervicali, il trapezio superiore (UTR), gli estensori cervicali (CE). Il rom viene misurato attraverso un sistema di tracciamento elettromagnetico, l'attività muscolare attraverso il CCFT, il task unilaterale viene eseguito con il soggetto seduto che mantiene una penna nella mano dominante, che deve poi muovere tracciando 3 cerchi di diametro diverso in direzione antioraria.	Rom: DSS in flessione tra il gruppo "mild pain" rispetto ai controlli Attività EMG: DSS nel gruppo "mild" e "moderate" pain rispetto ai controlli a 24-26-28-30 mmhg. Gesto funzionale: DSS tra i gruppi con neck pain e il gruppo controllo per i muscoli estensori cervicali, UTR, SCOM, scaleni	19
Range of motion in the upper and lower cervical spine in people with chronic neck pain. Rudolfsson. 2011	NS-NP=102 età media 51aa controlli=33 età media 47aa	single blind cross sectional study. scopo di quantificare la differenza di escursione articolare tra il rachide cervicale superiore e inferiore tra un gruppo di soggetti con non specific neck pain e un gruppo di soggetti sani	sistema di tracciamento elettromagnetico (FASTRAK, Polhemus)	il rom della cervicale alta, espresso in gradi, nei soggetti con neck pain è significativamente minore rispetto al gruppo controllo sia in flesso/estensione che in rotazione. UCS : estensione minore della flessione tra il gruppo con neck pain e i controlli LCS: flessione è minore dell'estensione tra i due gruppi	18
Extension and flexion in the upper cervical spine in neck pain patients. Ernst. 2014	NS-NP=19 età media 29aa controlli	Cross-sectional study. scopo di valutare il ROM del rachide cervicale superiore e dell'intero rachide cervicale in un gruppo pazienti affetti da NS-NP, per indagare la presenza di una correlazione tra ROM, dolore e la disabilità in questa categoria di pazienti.	tracker elettromagnetico e un goniometro (CROM tm). Viene inoltre somministrata la scala NDI e una volta ottenuti i risultati dell'analisi cinematica vengono comparati	L'associazione più forte è stata dimostrata tra la flessione del UCS e la sezione dell'NDI riguardante la cefalea. rom: in flesso/estensione scarsa correlazione con l'NDI. Correlazione molto limitata con la cefalea.	16

The Change in Deep Cervical Flexor Activity After Training Is Associated With the Degree of Pain Reduction in Patients With Chronic Neck Pain. Falla. 2012	NS-NP=14 donne età media 39,5aa	studio con lo scopo di indagare la relazione tra l'attività dei muscoli flessori cervicali profondi prima dell'allenamento e del cambiamento nei sintomi in risposta a un programma di esercizi di 6 settimane	registrazione del segnale elettromiografico del lungo del collo/testa (LC-T) durante l'esecuzione dei 5 stages del CCFT.	i pazienti con il più grande cambiamento nell'attivazione dei flessori cervicali profondi dopo l'allenamento sono quelli con i valori più bassi registrato al tempo zero. un maggiore aumento nell'attivazione dei flessori cervicali profondi attraverso le ultime 2 fasi del test è correlato con una maggiore riduzione dell'intensità del dolore	9
Direction-Specific Impairments in Cervical Range of Motion in Women with Chronic Neck Pain: Influence of Head Posture and Gravitationally Induced Torque. Rudolfsson. 2017	NS-NP=120 Età media 47,3aa controlli=40 età media 46.9aa	randomized controlled trial. scopo dello studio è esaminare la flex/est attiva e la protrazione della testa in un gruppo di donne con NS-NP e un gruppo di controllo con lo scopo di approfondire gli impairments relativi all' escursione cervicale dell' UCS/LCS.	sistema di tracciamento del movimento elettromagnetico (FASTRAK).	UCS : estensione minore della flessione tra il gruppo con neck pain e i controlli LCS: flessione è minore dell'estensione tra i due gruppi. variazione significativa del contributo alla massima escursione articolare tra UCS e LCS tra i gruppi. Il rapporto tra rachide cervicale basso e alto è maggiore nei pazienti rispetto i controlli.	18
Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. Woodhouse. 2008	WAD=56 età media 38aa NS-NP=57 età media 43 controlli=57 età media 38,2	cross-sectional study. L'obiettivo è quello di studiare le alterazioni nel controllo motorio in un gruppo di soggetti affetti da WAD e un gruppo di controllo e uno con NS-NP, in particolare i movimenti combinati, il JPE, ROM e la Variabilità del ROM.	sistema di rilevamento elettromagnetico Space Fastrak.	Movimento combinato: DSS tra gruppo WAD e gruppo controllo nel side bending associato alla rotazione primaria Rom: DSS in tutti e tre i piani di movimento primari tra il gruppo WAD rispetto agli altri gruppi Variabilità: nessuna DSS tra i gruppi JPE: nessuna DSS tra i gruppi	20
Joint position sense error in people with neck pain: A systematic review. Vries. 2014		revisione-sistematica. lo scopo è quello di comparare il joint position sense error (jpse) tra i soggetti con neck pain e quelli asintomatici. La revisione segue le linee guida del PRISMA. Per essere inclusi gli studi devono focalizzarsi sul jpse della colonna cervicale, includere partecipanti con cervicalgia in rapporto a soggetti sani	La ricerca è stata condotta su Embase, Medline OvidSP, Web of Science, Cochrane Central, CINAHL e Pubmed attraverso diverse stringhe di ricerca.	JPSE: Per quanto riguarda i soggetti con neck pain traumatico e aspecifico si riscontra un aumento significativo rispetto ai controlli.	

Gli articoli presi in esame si focalizzano su caratteristiche diverse che possono essere riassunte in tre macro-argomenti:

- Caratteristiche cinematiche del movimento attivo: fluidità, velocità del movimento
- Pattern di attivazione muscolare, Endurance muscolare e forza
- Pattern di movimento atrocinemático

3.2 CARATTERISTICHE CINEMATICHE: FLUIDITA' E VELOCITA' DEL MOVIMENTO

Sjolander nel 2008 conduce uno dei primi studi sull'argomento con l'obiettivo di valutare qualitativamente e quantitativamente le funzioni senso-motorie durante le rotazioni cervicali mediante misurazione del ROM, picco di velocità, fluidità del movimento, e gli errori di posizionamento, al fine di valutare la possibile eziologia della cervicalgia aspecifica tra un gruppo di pazienti (suddivisi in un gruppo con cervicalgia aspecifica e uno con WAD) e un gruppo di controllo composto da soggetti sani¹³. I movimenti del rachide cervicale sono stati misurati con un sistema di rilevamento elettromagnetico (FASTRAK, Polhemus).

L'analisi statistica dei risultati mostra che i soggetti con neck pain in media, mostrano una diminuzione dell'escursione articolare e una minore velocità rispetto ai controlli. Per quanto riguarda l'escursione articolare si osservano differenze significative per la rotazione verso destra e verso sinistra tra il gruppo di controllo e il gruppo WAD, nessuna differenza statisticamente significativa viene rilevata comparando il gruppo di controllo e il gruppo con cervicalgia. Allo stesso modo non vengono riscontrate variazioni significative tra il gruppo "cervicalgia" e il gruppo "WAD" nella rotazione verso destra, mentre verso sinistra si osserva una differenza statisticamente significativa.

Per quanto riguarda la fluidità dei movimenti misurata tramite il jerk index, i risultati mostrano una differenza statisticamente significativa tra i tre gruppi per quanto riguarda la rotazione verso sinistra ma non verso destra. Il jerk index, che verrà presentato come misura di outcome anche in studi successivi, rappresenta il tasso di variazione dell'accelerazione in rapporto al tempo e viene utilizzato quindi per misurare l'armonicità del movimento in un determinato lasso di tempo. Per quanto riguarda la rotazione identificata nello studio come "Outward-Left" (movimento di rotazione verso sinistra), l'analisi statistica ha rivelato indici di oscillazione significativamente differenti tra il gruppo di controllo e il gruppo con cervicalgia aspecifica e WAD. Non si osservano differenze significative tra il gruppo WAD e il gruppo cervicalgia. Gli stessi risultati vengono riscontrati per quanto riguarda la rotazione "Inward-Left" (rotazione verso l'interno dalla posizione di massima rotazione verso sinistra).

Gli errori di riposizionamento vengono misurati attraverso l'errore costante (CE) e l'errore variabile (VE). Non si sono riscontrate differenze significative tra il gruppo di controllo, e i gruppi di pazienti riguardo il CE, indipendentemente dalla direzione della rotazione. Per quanto riguarda l'errore variabile invece si osservano differenze statisticamente significative tra i tre gruppi.

Di seguito sono riportati i risultati sopra descritti.

Table 2
Range of motion and peak velocity recorded during voluntary cervical rotations to the right and to the left

Condition	Control		Insidious neck pain		WAD	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
<i>Range of motion</i>						
<i>n</i>	16		8		7	
Right (deg.)	70.7	±11.2	57.9	±11.0	67.7	±12.1
Left (deg.)	71.9	±13.0	61.8	±10.9	68.5	±12.9
<i>Peak velocity</i>						
<i>n</i>	16		9		6	
Out-Right (deg./s)	120.7	±33.1	93.1	±32.4	93.8	±29.8
Out-Left (deg./s)	132.8	±39.6	95.3	±27.5	108.6	±20.4
In-Right (deg./s)	116.9	±28.6	85.4	±32.4	96.4	±27.4
In-Left (deg./s)	119.5	±28.6	89.7	±26.3	103.7	±19.1

Mean values with standard deviation (SD) are separately shown for the control subjects and the patients with insidious neck pain and WAD.

* $p < 0.05$.

Table 3
Jerk index, repositioning acuity (CE = constant error; VE = variable error) and the variability of range of motion (ROM-Variability) from the cervical rotation test

Condition	Control		Insidious neck pain		WAD		<i>F</i>
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
<i>Jerk Index</i>							
<i>n</i>	15		9		7		
Out-Right	7.7	±4.2	14.1	±9.7	13.6	±9.1	2.7
Out-Left	7.5	±4.4	15.9	±9.5	13.1	±5.1	7.1**
In-Right	9.4	±7.1	17.3	±11.3	15.2	±10.6	2.1
In-Left	8.6	±4.9	16.2	±8.7	11.1	±6.1	4.5*
<i>CE</i>							
<i>n</i>	16		9		6		
Right (deg.)	0.1	±0.5	0.4	±0.5	-0.4	±0.8	
Left (deg.)	0.1	±0.6	0.4	±0.8	0.7	±1.1	
<i>VE</i>							
<i>n</i>	16		9		7		
Right (deg.)	2.0	±0.7	2.9	±1.4	3.3	±1.7	5.6**
Left (deg.)	2.2	±1.0	2.7	±1.0	4.1	±2.2	6.1**
<i>ROM-Variability</i>							
<i>n</i>	16		9		7		
Right (deg.)	3.2	±1.3	3.7	±1.5	5.8	±2.3	8.2**
Left (deg.)	4.1	±1.9	4.2	±1.3	6.7	±3.0	6.2**

Mean values with standard deviation (SD) are separately shown for the control subjects and the patients with insidious neck pain and WAD. For jerk index, *F*- and *p*-values from one-way ANOVA-models are shown, while the *F*- and *p*-values for CE, VE and ROM-Variability are given for one-way ANCOVA-models with range of motion as covariate.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

TABELLA 2. Sintesi dei risultati

Rom	DSS in rotazione destra tra gruppo WAD e controlli
Velocità	Nessuna DSS
Fluidità	DSS in rotazione sinistra tra gruppo WAD e controlli
Variabilità rom	Nessuna DSS

I risultati del presente studio convalidano le comuni osservazioni cliniche e, cosa più importante, dimostrano oggettivamente e quantitativamente la presenza di impairments senso-motori specifici nei soggetti affetti da problematiche della colonna cervicale. Gli autori concludono che i movimenti cervicali vengono compiuti in maniera meno fluida nel gruppo di pazienti (cervicalgia e WAD) rispetto ai soggetti sani; i soggetti affetti da neck pain aspecifico e WAD mostrano anche un'alterazione del senso di posizione articolare. I pazienti con dolore al collo aspecifico hanno dimostrato maggiori oscillazioni nei movimenti mentre quelli con WAD hanno mostrato il peggiore riposizionamento e maggiore variabilità della ROM¹³.

Riguardo questo argomento un'importante contributo è stato dato da Julia Treleven e colleghi che dal 2010 al 2015 hanno compiuto una serie di lavori riguardanti lo studio degli impairments cinematici dei movimenti attivi nei soggetti con neck pain non specifico valutati con realtà virtuale. Questo tipo di metodologia permette, secondo gli autori, di valutare i movimenti attivi in maniera più funzionale e task- oriented. La realtà virtuale permette, attraverso l'uso di un computer, di ricreare delle situazioni ambientali che possono essere comparate agli stimoli cui viene sottoposto il sistema sensoriale giornalmente. Il software utilizzato permette di monitorare i movimenti cervicali durante delle attività che simulano il movimento funzionale con l'obiettivo di comparare la cinematica cervicale in un gruppo di soggetti con NS-NP e un gruppo di controllo.

Nel primo trial l'obiettivo è confrontare la cinematica cervicale durante alcuni movimenti funzionali in pazienti con dolore al collo non specifico e in individui asintomatici. Gli autori ipotizzano che le persone con esperienza di dolore al collo compiano movimento più lenti e meno fluidi rispetto ai controlli. Per la valutazione è stato utilizzato un sistema di realtà virtuale (VR) utilizzando un "Game Maker software", monitorato tramite sistema di tracciamento elettromagnetico. Con questa metodica, il movimento viene elicitato dall'interazione del soggetto con delle immagini sul monitor che obbliga il soggetto a compiere rapidi movimenti cervicali permettendo di valutare le caratteristiche dinamiche. Le misure di outcome utilizzate sono il picco di velocità, la velocità media, il "numero di

picchi di velocità” (NVP), che corrispondono quindi alla fluidità del movimento, e il cosiddetto “time to peak percentage” (TTPP) ovvero il tempo che intercorre tra l’inizio del movimento e il picco di velocità, come percentuale del tempo totale di movimento¹⁷.

I risultati dello studio dimostrano che nei soggetti con neck pain i movimenti sono caratterizzati da una velocità minore rispetto ai soggetti asintomatici e sono meno fluidi in qualsiasi movimento testato, queste differenze risultano essere statisticamente significative. Rispetto alla flessione/estensione la rotazione mostra maggior fluidità e velocità¹⁷. Non risultano statisticamente significativi il response time (il tempo che intercorre tra l’apparizione del target e l’inizio del movimento) e il TTPP.

TABELLA 3. Sintesi dei risultati

Fluidità (NVP)	DSS in tutti i movimenti primari
Velocità (media e max)	DSS in tutti i movimenti primari tra gruppo NS-NP e gruppo controllo
Response time	Nessuna DSS
TTPP	Nessuna DSS

Il secondo trial del 2014 si propone come obiettivo quello di confrontare le caratteristiche cinematiche cervicali durante il movimento attivo in pazienti con dolore al collo e soggetti sani, compresi velocità media e picco di velocità, e fluidità. Obiettivo secondario è quello di trovare la sensibilità e la specificità di ciascuna delle misure cinematiche al fine di ottenere i valori di cut-off ottimali per la definizione delle alterazioni cinematiche nei soggetti con dolore al collo. La VR qui utilizzata differisce dalla precedente in quanto il soggetto doveva controllare un aereo attraverso ostacoli da superare e/o da colpire, elicitando maggiormente i movimenti di flessione/estensione e rotazione¹⁸. Oltre agli outcome utilizzati nello studio precedente viene aggiunta anche l’analisi dell’accuratezza dei movimenti della testa in cui il soggetto deve mantenere la testa del pilota sull’obiettivo virtuale in movimento. L’accuratezza viene misurata come la differenza tra il target sul monitor e la posizione della testa, quindi del pilota, in gradi.

I risultati dello studio sono consistenti con le precedenti evidenze e supportano l'utilizzo, secondo gli autori, dell'impiego della realtà virtuale come metodo di valutazione delle variabili cinematiche del movimento riguardanti in particolare la velocità e la fluidità dei movimenti. In questo studio però il numero di picchi di velocità è inaspettatamente più alto nei controlli ed è quindi in contrasto con i risultati dello studio precedente. La nuova misura cinematica esplorata, l'accuratezza del movimento, è alterata nei soggetti sintomatici¹⁸. È stata trovata un'eccellente sensibilità per la velocità media e il picco di velocità in tutte le direzioni di movimento (varia dal 91% al 100%). Viene riscontrata anche una buona sensibilità per il TTPP (range 82% -85%) con l'esclusione della rotazione verso sinistra. L' NVP ha mostrato una buona sensibilità in flessione e rotazione sinistra, e la precisione varia nella sua sensibilità, che risulta buona solo nella rotazione a sinistra (85%). La Specificità è buona per il picco e la velocità media in tutte le direzioni (> 86%), e per la fluidità e simmetria (NVP e TTPP > 68%) in flessione, estensione e rotazione destra

TABELLA 4. Sintesi dei risultati

Velocità media e max	DSS in tutti i movimenti primari NS-NP vs Controlli
Response time	Nessuna DSS
Fluidità (NVP)	DSS in tutti i movimenti primari
TTPP	dss in flesso/estensione NS-NP vs Controlli

Nel 2016 viene condotto un nuovo trial con l'intento di determinare se alcuni fattori come la dizziness, i disturbi visivi, i disturbi dell' equilibrio, il joint position error (JPE), l'intensità del dolore e la paura del movimento siano associate a misure oggettive degli impairments cinematici (rom, velocità, accuratezza dei movimenti) nei movimenti cervicali. Viene reclutato un gruppo di soggetti con NS-NP. Vengono utilizzate come misure di outcome la scala VAS, l' NDI, il dizziness handicap index short form, il TSK e il "pictorial fear of activity for the cervical spine" (PfactS-C). Il sistema di realtà virtuale utilizzato è il medesimo dello studio precedente e come lo studio precedente vengono misurate il picco di velocità, la velocità media, l'NVP, e l'accuratezza dei movimenti. Il JPE viene

misurato con il paziente seduto di fronte a un muro ad una distanza di 90 cm con un laser attaccato ad un casco. Il soggetto, ad occhi chiusi esegue una rotazione cervicale e cerca di riportare la testa nella posizione iniziale. Viene misurata la distanza tra il punto di partenza e il punto in cui il laser si ferma dopo il movimento della testa. L'equilibrio viene misurato con lo step test, ovvero il numero di volte in cui il piede viene completamente portato sopra uno step di 10 cm in 15 secondi.

Considerando le relazioni tra le misure di outcome e le misure cinematiche oggettive in entrambi i gruppi, analizzate con la “correlazione spearman” si riscontra che, per quanto riguarda la flessione/estensione, è presente una relazione statisticamente significativa tra l'escursione di movimento, lo step test e la DHIsf. In flessione/estensione inoltre è presente anche una relazione tra la velocità media con cui vengono eseguiti i movimenti e lo step test, ovvero l'equilibrio. Considerando il movimento di rotazione si riscontra una relazione statisticamente significativa tra l'escursione articolare, la vas, la dizziness, e i disturbi visivi. Sempre nella rotazione i risultati mostrano che c'è una relazione significativa tra la massima velocità con cui viene compiuto il movimento, l'NDI e i sintomi visivi; e ancora tra la velocità media, lo step test, l'NVP e il JPE.

TABELLA 5-6. correlazione spearman tra le variabili cinematiche e le misure di outcome nel gruppo NS-NP e nel gruppo WAD.

GRUPPO NS-NP			
<i>Flessione/estensione</i>	<i>Rotazione</i>		
ROM DHIsf: 0,3* Step test : 0,4*	ROM Vas: 0,4** DHIsf: 0,5** Disturbi visivi: 0,3*	max velocità NDI: 0,3* disturbi visivi: 0,4**	Velocità media Step test: 0,3* NVP: 0,5** JPE: 0,4**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

GRUPPO WAD					
Flesso/estensione		Rotazione			
ROM:	TTPP:	ROM	V. max	V. media	TTPP
DHIsf:0,6*	s. visivi: 0,5*	s. visivi: 0,6*	s. visivi:0,5*	DHIsf:0,6*	JPE:0,5*
Step test: 0,6*	TSK: 0,6*	step test: 0,5*			
TSK:0,5*					

TABELA 7. valori del ROM nei movimenti combinati espressi attraverso la deviazione standard (DS)

	WAD	NS-NP	Controlli	
Rotazione primaria				
m.c side bending	3,52	4,09	4,08	a** c** b*
mc flex/ext	3,22	3,26	5,23	a** c** b*
Side bending	2,9	2,1	2,9	a**
mc. rotazione	2,1	3,1	2,6	a**
mc flex/ext				
Flex/ext primaria				
Mc rotazione	1,89	1,32	1,53	a** b*
Mc side bending	1,82	1,24	2,26	a** c**

a**= p<0,001 tra WAD e controlli b**= p<0,001 WAD-NSNP c**=NS-NP vs asintomatici. a,b,c* p<0,05

I risultati mostrano una correlazione maggiore dei movimenti rotazionali con l'escursione di movimento, la velocità, l'intensità del dolore (VAS), la disabilità, la dizziness, i disturbi visivi e l'equilibrio dinamico nei soggetti con neck pain. La suddivisione in NS-NP e WAD determina alcune differenze inter-gruppo; il rom in rotazione comunque sembra essere maggiormente correlato al dolore e ai disturbi visivi mentre la velocità della rotazione correla con i disturbi visivi e l'equilibrio dinamico. Lo studio mostra scarsa correlazione tra la paura del movimento e le variabili cinematiche. I risultati inoltre mostrano che i segni e i sintomi di disturbi senso-motori come dizziness, disturbi visivi e dell'equilibrio sono correlati all'abilità di muovere la testa completamente e velocemente

soprattutto nel piano orizzontale nei pazienti con neck pain e in misura minore nei soggetti con WAD¹⁹.

Ulteriori ricerche sul medesimo argomento sono state compiute da Woodhouse che conduce una serie di trials dal 2008 al 2016 in cui indaga alcuni parametri relativi alla sfera del controllo motorio cervicale. Nel primo studio si pone come obiettivo quello di indagare le alterazioni nel controllo motorio in un gruppo di soggetti affetti da WAD un gruppo di controllo e uno con NS-NP. In particolare esamina i movimenti combinati, il JPE, il ROM e la variabilità del ROM⁹.

Tutte le misurazioni del movimento cervicale sono state effettuate utilizzando il un sistema di rilevamento elettromagnetico Space Fastrak (Polhemus, Inc, Colchester, Vermont, USA). Il ROM cervicale è stato registrato nei tre piani primari di movimento. I movimenti combinati nei due piani associati vengono registrati continuamente durante i movimenti nei piani primari. La variabilità del ROM è stata calcolata in questo studio come deviazione standard (SD) di tre prove ripetute per ciascun piano primario di movimento (rotazione, flessione laterale e flesso estensione). Il JPE è stato registrato come descritto in precedenza. L' Intensità del dolore al collo e mal di testa al momento del test è stato registrato con la scala NRS.

Dall'analisi statistica risulta che il movimento combinato è maggiore durante le rotazioni e minore nel movimento di flesso/estensione in tutti i gruppo di studio. Il movimento combinato inoltre è significativamente ridotto nel gruppo WAD rispetto ai soggetti sani. Una volta rielaborati i dati con l'età, sesso, ed intensità di dolore risulta significativamente ridotto il movimento combinato di side bending durante la rotazione primaria tra i gruppi con dolore e i controlli.

TABELLA 8. L'escursione di movimento, la variabilità del rom e il JPE sono mostrati di seguito. I valori sono espressi attraverso deviazione standard

	WAD	NS-NP	Controlli	p-value
Rotazione	34,7	18,6	13,5	<0,01
Side bending	18,8	13,2	13,8	<0,01
Flex/ext	34,6	20	20,7	<0,01
Rom totale	83,7	44,1	43,3	<0,01
Variabilità rom	1,73	1,7	1,28	0,8
Jpe	1,6	1,1	1,2	0,3

Nel gruppo WAD si riscontra una significativa diminuzione del ROM rispetto agli altri gruppi, in tutti e tre i piani di movimento primari nell' ammontare di escursione di movimento cervicale totale. Non ci sono differenze significative di gruppo nella variabilità del ROM o nel JPE. Dai risultati emerge quindi che nei pazienti con dolore è presente un'alterazione del controllo motorio cervicale.

Successivamente lo stesso autore conduce un trial in cui si propone di comparare il controllo motorio cervicale tra un gruppo di soggetti con neck pain aspecifico e un gruppo di soggetti sani. Come obiettivo secondario si pone quelli di valutare l'associazione tra dolore, disabilità, kinesiofobia e il controllo motorio cervicale⁴. Considera nel controllo motorio cervicale la flessibilità del collo (rom, velocità, movimenti combinati), propiocezione, traiettorie di movimento, oscillazioni posturali, "compatezza" della testa (head steadiness). La propiocezione viene calcolata attraverso il JPE, la traiettoria di movimento attraverso il FOE test; una figura a forma di otto viene proiettata su di uno schermo ad una distanza di 250 cm dal soggetto, quest' ultimo attraverso un cursore, deve seguire la figura nella maniera più specifica possibile. La fermezza della testa viene valutata attraverso il CCFT, il tempo di tenuta viene utilizzato come outcome. Le oscillazioni posturali vengono valutate in una serie di prove per l'equilibrio della durata di 60 secondi. I risultati dello studio mostrano che i pazienti presentano minor escursione in tutti i movimenti cervicali, ridotti movimenti combinati, minore velocità, minor endurance, traiettorie di movimento meno fluide, e maggiori oscillazioni posturali⁴.

TABELLA 9. Sintesi risultati

ROM	DSS in tutti i movimenti testati (flex/ext, rotazione, flex laterale) tra gruppo NS-NP e gruppo controllo
Velocità (media e max)	DSS in tutti i movimenti primari tra gruppo NS-NP e gruppo controllo
Movimenti combinati	DSS in tutti i movimenti primari tra gruppo NS-NP e gruppo controllo
Endurance	DSS in tutti i movimenti primari tra gruppo NS-NP e gruppo controllo
Traiettoria movimento	DSS tra gruppo NS-NP e gruppo controllo rilevata attraverso l' FOE test solo quando effettuato alla massima velocità
Oscillazioni posturali	DSS in tutti tra gruppo NS-NP e gruppo controllo

Un terzo interessante studio dei medesimi autori ripropone i test utilizzati nello studio precedente prima e dopo un programma riabilitativo multimodale (terapia manuale ed esercizio terapeutico) della durata di 4 settimane in un gruppo di soggetti con neck pain aspecifico²⁰. Lo studio confronta i possibili miglioramenti degli impairment con il dolore (nrs) e la disabilità (ndi). A due settimane circa i 2/3 dei soggetti hanno dimostrato una significativa riduzione della maggior parte dei parametri considerati. Gli autori però sottolineano come questo miglioramento sia in realtà poco superiore al decorso naturale della patologia. Inoltre l'unica variabile il cui miglioramento è associato anche ad una diminuzione della disabilità e del dolore è il rom in flessione/estensione, sottolineando quindi che il range of motion è una delle variabili da tenere in maggior considerazione nel trattamento dei soggetti con cervicalgia. Le altre variabili (propriocezione, traiettoria di movimento, fermezza del capo, oscillazioni posturali) mostrano solo piccoli cambiamenti, che sono occorsi soprattutto nelle prime 2 settimane²⁰.

In letteratura altri autori hanno indagato la velocità dei movimenti attivi; nel 2011 Bertomeu e coll. Hanno condotto uno studio con lo scopo di quantificare alcune caratteristiche riscontrabili nei movimenti attivi cervicali in una popolazione di soggetti affetti da WAD, in un gruppo di controllo e un gruppo di “simulatori” (gruppo di soggetti che non presentano più alcun sintomo da 2 mesi, ma che precedentemente hanno sofferto di whiplash associated disorder)²¹. La metodica utilizzata è un modello dinamico per il rilevamento delle oscillazioni armoniche. Vengono ottenute misure riguardo

il rom, la massima velocità angolare e la massima accelerazione angolare e l'armonicità (viene quantificato quanto si discosta il movimento dalla curva armonica). I pazienti mostrano una minor escursione di movimento, una minor velocità ed accelerazione angolare. La differenza nell'armonicità non mostra una variazione statisticamente significativa.

In conclusione Il risultato dello studio afferma che i pattern patologici sono caratterizzati da una significativa differenza nel rom e nella velocità, ma non nella spontaneità del movimento

TABELLA 10. Analisi descrittiva delle variabili nello studio, i dati sono espressi attraverso deviazione standard

	controlli DS	P-value Controlli vs pz	Pz DS	Pz vs simulatori	Simulatori
rom	17	<0,001	22	<0,001	24
Mav/sec	50	<0,001	22	<0,001	16
Maa/sec ²	200	<0,001	93	<0,001	36
Par%	2,6	0,7	25	<0,001	5,8
Harm	0,09	0,9	0,1	<0,001	0,14

Waeyaert e colleghi conducono uno studio con l'obiettivo di comparare le caratteristiche qualitative e quantitative dei movimenti attivi cervicali in un gruppo di pazienti con cronic neck pain e un gruppo di soggetti sani. Suddividono inoltre il gruppo di studio in base alla localizzazione del dolore (unilaterale o bilaterale)⁸. I movimenti attivi vengono registrati attraverso un sistema di rilevamento elettromagnetico; i tracker vengono applicati a livello dello sterno e del cranio. I movimenti vengono effettuati in posizione seduta alla velocità che preferisce il soggetto senza causare discomfort. Vengono valutate la rotazione assiale, il side bending e la flessione/estensione. Viene registrata l'escursione di movimento dei movimenti primari e accoppiati come variabile quantitativa, la fluidità attraverso il jerk index come variabile qualitativa.

I risultati mostrano che per quanto riguarda la rotazione assiale il gruppo di pazienti con sintomatologia simmetrica mostra movimenti meno armonici e minor rom rispetto ai controlli, inoltre mostra minore fluidità anche rispetto al gruppo unilaterale.

Stesse considerazioni vengono fatte per la flessione laterale e la flessione/estensione. Per quanto riguarda i movimenti accoppiati il gruppo di pazienti mostra un accoppiamento omolaterale nella rotazione in 20 soggetti su 36; invece 31 su 36 soggetti mostrano un accoppiamento omolaterale nel side bending. Tutti i soggetti con pattern di dolore unilaterale mostrano un pattern omolaterale nel side bending.

In conclusione il gruppo di controllo mostra un rom maggiore in ogni movimento valutato ma la differenza risulta statisticamente significativa solamente nel side bending. Per quanto riguarda la fluidità di movimento, la differenza è statisticamente significativa in tutti i piani testati. Anche se non sempre significativa si nota una costante differenza tra il gruppo unilaterale e bilaterale, il primo infatti mostra una diminuzione nell'escursione articolare su tutti i piani.

I risultati mostrano una differenza statisticamente significativa tra il gruppo di pazienti e il gruppo di controllo solo nella flessione laterale. Il risultato è in accordo con lo studio di sjolander.

TABELLA 11. Sintesi risultati

Rom	DSS nel side bending tra il gruppo controllo e i due gruppi con neck pain
Fluidità	DSS in tutti i piani tra gruppo di controllo e i gruppi con neck pain

Nel 2010 Roijezon conduce uno studio con l'obiettivo di investigare la fluidità dei movimenti cervicali in rotazione in un gruppo di donne affette da neck pain aspecifico e un gruppo di controllo, costituito sempre da donne, senza sintomi²². I dati cinematici vengono acquisiti attraverso un sistema di rilevamento elettromagnetico (fastrak) costituito da un trasmettitore e due ricevitori posizionati sulla fronte del soggetto e a livello del processo spinoso di T2. Immediatamente prima e dopo la procedura, viene registrato il livello di dolore dei pazienti attraverso la scala NRS, NDI e DASH.

L'analisi statistica dei dati riporta una differenza statisticamente significativa nel gruppo di soggetti con neck pain e nel gruppo di controllo per quanto riguarda la velocità massima, il rom, e i movimenti combinati. La velocità e il rom sono le variabili che possono discriminare nella maniera migliore il gruppo di controllo e quello sperimentale. I risultati quindi implicano che la velocità della rotazione assiale cervicale è ridotta nelle donne con NS-NP, la velocità in rotazione risulta quindi uno strumento utile per valutare i pazienti con cervicalgia e dirigere il trattamento.

TABELLA 12. Sintesi risultati

Velocità max	DSS tra gruppo sperimentale e controllo
Rom	DSS tra gruppo sperimentale e controllo
Movimenti combinati	DSS tra gruppo sperimentale e controllo

Un altro lavoro di Segieth e collaboratori si propone di esaminare se in un gruppo pazienti affetti da NS-NP si verificano delle deviazioni nella cinematica cervicale durante alcuni movimenti ripetuti, rispetto ad un gruppo di soggetti sani²³. La procedura scelta in questo caso utilizza un sistema di analisi del movimento ad ultrasuoni (ZEBRIS cms); Il protocollo di misurazione prevede, dopo aver effettuato alcuni movimenti di prova, di realizzare 10 movimenti in flessione cervicale, 10 in estensione, 10 in flessione laterale e altrettante in rotazione ad una velocità confortevole per il soggetto che non provochi la sintomatologia. I risultati mostrano una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda l'escursione articolare in flesso/estensione, rotazione, e flessione laterale. Si riscontra una differenza statisticamente significativa anche nella variabilità del movimento tra i due gruppi; i soggetti con cervicaglia presentano una minore variabilità del movimento²³.

TABELLA 13. Sintesi risultati

Rom	DSS tra gruppo sperimentale e controllo in tutti i movimenti testati
Variabilità movimento	DSS tra gruppo sperimentale e controllo

Vikne e coll. indagano il controllo motorio cervicale e la velocità dei movimenti in un gruppo di soggetti con neck pain cronico successivo ad un episodio di colpo di frusta. Gli autori conducono lo studio con l'obiettivo di verificare se la ridotta fluidità di movimento che si osserva nei pazienti con neck pain cronico sia semplicemente causata da un'alterazione nella velocità con cui vengono eseguiti i movimenti, oppure da un alterato pattern di attivazione muscolare²⁴. L'attività muscolare viene esaminata attraverso il segnale elettromiografico proveniente dal muscolo SCOM (sternocleidomastoideo) e dal muscolo splenio, la cinematica del movimento viene esaminata

attraverso un sistema di rilevamento elettromagnetico (Liberty, Polhemus). La fluidità viene esaminata attraverso il jerk index, la velocità viene calcolata facendo compiere i movimenti in 3 modi differenti: velocità normale, lenta e massima. Vengono richiesti 4 movimenti del capo nel piano sagittale; in particolare la flessione dalla posizione neutra, l'estensione dalla posizione di massima flessione fino al raggiungimento della posizione neutra, l'estensione dalla posizione neutra alla fine dell'escursione articolare disponibile e infine il ritorno alla posizione neutra di partenza. I risultati mostrano alcune differenze per ognuno dei parametri esaminati, ma poche presentano differenze statisticamente significative, come mostrato nella seguente tabella.

Table 2 Average (SD) angular velocity (°/s), normalized jerk cost (a.u.) and number of submovements for the three speed conditions in the four movement directions for the chronic WAD (n = 15) and control groups (n = 15)

		EFN		FBN		FFN		EBN	
		WAD	Control	WAD	Control	WAD	Control	WAD	Control
Av. vel. (°/s)	S	10.8 (6.7)**	18.2 (7.8)	13.4 (9.0)*	22.4 (10.6)	12.5 (6.7)	16.7 (7.7)	14.2 (6.9)	19.1 (7.2)
	P	23.6 (12.2)**	40.0 (13.2)	27.6 (15.4)**	45.9 (12.7)	37.3 (21.1)	42.8 (13.9)	35.3 (18.9)	38.5 (11.1)
	M	66.6 (44.9)***	133.2 (42.6)	76.1 (56.3)**	136.8 (33.7)	87.1 (44.7)**	139.6 (36.7)	81.8 (45.6)**	131.6 (30.1)
NJC (a.u.)	S	1541 (2933)	335 (269)	824 (1502)	319 (250)	969 (1318)	467 (521)	704 (1171)	275 (287)
	P	134 (173)	58 (43)	95 (134)	42 (24)	79 (117)	45 (30)	74 (107)	47 (19)
	M	33 (22)	27 (14)	42 (40)**	19 (5)	24 (12)	20 (11)	30 (15)	25 (8)
Subm. (no.)	S	14.6 (12.4)	9.4 (3.9)	11.3 (7.0)	9.3 (5.7)	14.6 (12.6)	11.4 (7.5)	12.9 (8.8)	9.5 (6.8)
	P	3.9 (2.9)	2.4 (1.6)	3.2 (2.4)*	1.6 (0.8)	2.6 (2.3)	1.8 (1.0)	1.9 (1.3)	1.5 (0.6)
	M	1.5 (0.7)*	1.1 (0.2)	1.4 (0.9)	1.0 (0.0)	1.1 (0.2)	1.0 (0.1)	1.3 (0.5)	1.0 (0.1)

Statistically significant difference from the control group; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Abbreviations; NJC normalized jerk cost, a.u. arbitrary units, Subm. submovement, no. number, Av.vel. average velocity, NP neutral head position, EFN extension from NP, FBN flexion back to NP, FFN flexion from NP, EBN extension back to NP, S slow movement speed, P preferred movement speed, M maximum movement speed.

La velocità risulta minore in maniera statisticamente significativa nel gruppo WAD nel movimento di estensione dalla posizione neutra in tutte le condizioni, e nella flessione di ritorno dalla posizione di massima estensione fino alla posizione neutra, in tutte le condizioni. Nella flessione con partenza dalla posizione neutra e nell'estensione di ritorno alla posizione neutra si riscontrano differenze statisticamente significative solo alla massima velocità. Il jerk index è significativamente maggiore solo nella flessione di ritorno dalla massima estensione alla posizione neutra ma solo nella condizione di massima velocità. Non si riscontrano differenze significative per quanto riguarda il segnale elettromiografico tra i due gruppi. Da quello che emerge da questo studio i movimenti cervicali in una popolazione di soggetti affetti da cervicalgia in seguito a whiplash sono caratterizzati da una diminuzione della velocità ma da una normale attivazione muscolare²⁴.

TABELLA 14. Sintesi risultati

Velocità	DSS tra gruppo WAD e controllo in: Estensione flessione dalla massima estensione alla posizione neutra flessione con partenza dalla posizione neutra estensione dalla flessione max alla posizione neutra (solo V max)
Jerk index	DSS tra gruppo WAD e controllo nella flessione di ritorno dalla massima estensione alla posizione neutra solo a V max
EMG	Nessuna DSS

Nel 2014 viene pubblicata una revisione sistematica il cui scopo è quello di comparare il joint position sense error (jpse) tra soggetti affetti da cervicaglia e soggetti asintomatici²⁵. La revisione segue le linee guida del PRISMA. Per essere inclusi gli studi devono focalizzarsi sul jpse della colonna cervicale, e includere partecipanti con cervicaglia in rapporto a soggetti sani. La ricerca è stata condotta su Embase, Medline OvidSP, Web of Science, Cochrane Central, CINAHL e Pubmed attraverso diverse stringhe di ricerca. Per essere inclusi, gli studi dovevano soddisfare i seguenti criteri: (1) i partecipanti allo studio dovevano avere più di 18 anni; (2) I partecipanti dovevano soffrire di cervicaglia; (3) l'outcome doveva essere il JPSE; (4) I soggetti di controllo dovevano essere individui sani; e (5) Lo studio doveva essere scritto in inglese. Inizialmente, i risultati della ricerca sono stati sottoposti a screening in base al titolo e all'abstract. La validità e il rischio di bias degli studi viene controllato utilizzando la “Methodology Checklist 4: Case-control studies”, versione 2.0, fornita dalla Scottish Intercollegiate Linee guida Network (SIGN). Dopo lo screening vengono analizzati 14 studi. Nove studi includono soggetti con neck pain traumatico, sette di questi includono soggetti con WAD. Di questi nove studi 4 includono anche soggetti con NS-NP. I restati 5 includono soggetti con NS-NP.

Per quanto riguarda i soggetti con neck pain traumatico si riscontra un aumento significativo del jpse rispetto ai controlli. Anche i soggetti con NS-NP dimostrano differenze significative rispetto ai controlli. Non tutti gli studi indagano tutti i movimenti primari, alcuni solo la rotazione, altri aggiungono anche la flessione-estensione. Il side bending non viene quasi mai valutato. Comunque le differenze riscontrate rispetto all'outcome jpse sono sempre significative tra le due popolazioni

3.3 PATTERN DI ATTIVAZIONE MUSCOLARE

Il secondo macro argomento identificato attraverso la ricerca bibliografica e il pattern di attivazione muscolare. Questo argomento è stato ampiamente studiato in letteratura e uno dei maggiori contributi a è stato dato da Deborah Falla. Evidenze di impairments nell'attivazione muscolare sono state documentate sia in soggetti affetti da NS-NP, sia in cervicalgie di origine traumatica (whiplash). In particolare nei pazienti con dolore cervicale si assiste ad un aumento di attività della muscolatura superficiale. È stato documentato un aumento dell'attività del trapezio superiore in condizioni di stress psico-fisico, e task funzionali e una diminuzione dell'abilità di rilassare il trapezio superiore durante le attività in flessione, isometriche, dell'arto superiore^{15,16,30,31}. Recenti evidenze dimostrano che è presente un aumento di attività anche nel muscolo SCOM, e dello scaleno anteriore^{15,16,30}.

In un trial del 2004 sono stati messi a confronto un gruppo di soggetti affetti da cervicalgia aspecifica e un gruppo di soggetti sani a cui è stato somministrato come test di endurance la flessione cranio-cervicale (CCFT) con lo scopo di indagare l'attività della muscolatura superficiale e profonda coinvolta nel movimento di flessione cranio-cervicale. L'attività dei flessori profondi viene registrata attraverso degli elettrodi localizzati a livello dell'orofaringe, mentre quella dei flessori superficiali viene registrata a livello dello SCOM e dello scaleno anteriore. Viene poi fatto eseguire il CCFT con l'utilizzo di uno stabilizer. Il test prevede di partire da un valore di 20mmhg fino ad arrivare a 30mmhg mantenendo ogni posizione per 10 secondi; se lo step viene mantenuto il tempo prescritto si passa al successivo in cui si aumenta la pressione di 2 mmhg, fino ad arrivare a 30 mmhg.

I risultati mostrano una correlazione statisticamente significativa tra l'ampiezza del segnale EMG dei flessori cervicali profondi e i livelli crescenti del test (22-24-26-28-30mmhg). L'ampiezza del segnale dei flessori cervicali profondi è minore nel gruppo di soggetti con cervicalgia rispetto al gruppo di controllo. Si osserva inoltre un aumento non statisticamente significativo dell'attività dei muscoli SCOM e scaleno anteriore nel gruppo di pazienti¹⁵.

In un altro studio gli stessi autori provano a indagare l'efficienza neuromuscolare (NME) del muscolo SCOM e dello scaleno anteriore tra un gruppo di soggetti con NS-NP e un gruppo di controllo senza sintomi. I segnali mioelettrici vengono registrati attraverso una contrazione sub-massimale isometrica di flessione cervicale rispettivamente al 25% e al 50% della MVC (maximum voluntary contraction). L'efficienza della contrazione viene poi calcolata come il rapporto tra l'MVC e la media rettificata dei valori del segnale EMG. I risultati dello studio dimostrano che la NME è significativamente ridotta nei pazienti, ma solo quando viene richiesta una contrazione sub-massimale

al 25% della MVC. Quindi il pattern disfunzionale di reclutamento viene osservato solamente in condizioni di basso carico¹⁶.

Questi studi però indagano l'attività muscolare in attività non funzionali, per questo motivo viene condotto dagli stessi autori, successivamente, uno studio nel quale viene indagata la presenza di un pattern di attivazione muscolare disfunzionale durante task a basso carico. Viene misurata l'attività elettromiografica del muscolo SCOM, scaleno anteriore, e trapezio superiore. Per l'esame dei muscoli SCOM e scaleno anteriore viene richiesta una flessione cranio-cervicale e una flessione cervicale completa; la posizione finale viene mantenuta per 10 secondi. Il task funzionale prevede di compiere dei movimenti circolari in senso antiorario con gli arti superiori. Il movimento viene compiuto con la cadenza di un metronomo per 2,5 minuti. Vengono registrati i segnali mioelettrici a 5, 10, 60, 120 secondi e dopo 10 secondi dal termine del task.

Il gruppo WAD dimostra aumenti statisticamente significativi del segnale mioelettrico nello SCOM e scaleno anteriore di destra e di sinistra in tutte le condizioni e del trapezio superiore bilateralmente sia quando viene misurato post-esercizio sia quando viene paragonato tra il gruppo NS-NP e il gruppo di controllo. Il gruppo con NS-NP dimostra aumenti statisticamente significativi nello SCOM di sinistra in tutte le condizioni, mentre a destra solamente al tempo 10,60,120 secondi. Lo scaleno anteriore di sinistra mostra un'iperattività al tempo 10 secondi. L'attività emg del trapezio superiore di destra però è maggiore nel gruppo di controllo a 10,60,120 secondi

I risultati dello studio confermano quelli precedenti della presenza di pattern disfunzionali di attivazione muscolare cervicale nei pazienti con neck pain^{15,16,25,26}. È stato inoltre dimostrato che l'attività aberrante è presente anche nell'esecuzione di movimenti funzionali con gli arti superiori. Il risultato inaspettato è quello osservato a livello del trapezio superiore destro che nel gruppo di pazienti affetti da NS-NP ha dimostrato una diminuzione di attività.

Sebbene i meccanismi alla base dei benefici sperimentati dai pazienti siano multifattoriali, si ipotizza che il grado di compromissione presente nell'individuo prima dell'inizio della riabilitazione sia uno dei fattori determinanti per la risoluzione dei sintomi. Falla e colleghi conducono quindi nel 2011 uno studio con lo scopo di testare questa ipotesi indagando la relazione tra l'attività dei muscoli flessori cervicali profondi prima dell'allenamento e del cambiamento nei sintomi in risposta ad un programma di esercizi di 6 settimane finalizzato al miglioramento della funzione dei muscoli flessori cervicali profondi in pazienti affetti da NS-NP²⁷. Vengono reclutati un gruppo di pazienti donne affette da cervicalgia. La procedura prevede la registrazione del segnale elettromiografico del muscolo lungo del collo/testa (LC-T) durante l'esecuzione dei 5 stages del CCFT. La valutazione viene fatta alla baseline e dopo 6 settimane di allenamento specifico. L'elettromiografia è stata acquisita dai muscoli

sopracitati unilateralmente dal lato con maggior dolore. Il test, come nei precedenti lavori, è il CCFT. I Livelli di dolore e disabilità riportati dai pazienti in entrambe le misurazioni sono stati misurati con la VAS e la disabilità con l'NDI. Per quanto riguarda la riabilitazione i pazienti hanno ricevuto istruzioni personali e supervisione da un fisioterapista una volta a settimana; ai pazienti è stato chiesto di non cercare altri interventi per lenire il dolore al collo ed hanno ricevuto inoltre un “diario di esercizio” per annotare l'andamento del training, in questo caso consistente nell'esercizio di flessione cranio-cervicale per due volte al giorno (da 10 a 20 minuti).

La disabilità percepita è diminuita in maniera statisticamente significativa dopo l'allenamento. Il 43% dei pazienti hanno riportato una significativa riduzione del dolore, mentre il 21% una completa remissione dei sintomi. Due pazienti hanno riportato un aumento del dolore al collo (da 4,4 a 6,2 e da 6 a 7). L'analisi dei dati del gruppo mostra che l'attivazione dei flessori profondi è aumentata dopo l'allenamento in tutte le fasi del test di flessione cranio-cervicale

I dati mostrano che i pazienti con il più grande cambiamento nell'attivazione dei flessori cervicali profondi (aumento%) dopo l'allenamento sono quelli con i valori più bassi registrati al tempo zero. La media del cambiamento post-allenamento nelle 3 fasi del test di flessione cranio-cervicale non mostra correlazioni tra la quantità di variazione nell'attivazione muscolare e nel cambiamento dell'intensità del dolore o della disabilità. Tuttavia, un maggiore aumento nell'attivazione dei flessori cervicali profondi attraverso le ultime 2 fasi del test (28e 30 mm Hg) è correlato con una maggiore riduzione dell'intensità del dolore al collo ma non della disabilità, misurata tramite l'NDI³⁴.

Nel 2008 Bjorn conduce uno studio con lo scopo di esplorare il controllo motorio cervicale in una popolazione di piloti affetti da cervicalgia non specifica dividendo i soggetti per sintomatologia acuta e sub-acuta e un gruppo di piloti senza sintomi. Il gruppo neck pain acuto viene definito sulla base della presenza di dolore al collo al momento del test (VAS > 10 mm). Il gruppo sub-acuto comprende i soggetti che hanno sperimentato dolore al collo durante i 3 mesi precedenti, ma non al momento del test. Vengono posizionati gli elettrodi per registrare il segnale elettromiografico a livello dei muscoli flessori cervicali (SCOM)³⁰. La funzione motoria viene valutata attraverso la flessione cranio-cervicale attiva con l'ausilio di uno stabilizer, come descritto da Falla^{15,16,32,34}. Viene inoltre valutata la contrazione sostenuta dei muscoli flessori cervicali per 30 secondi, il rom attivo in flesso/estensione, flessione laterale e rotazione attraverso un sistema di rilevamento tridimensionale (cervical measurement system, Myrin), costituito da due inclinometri e un compasso magnetico per la misurazione del range of motion in rotazione.

I risultati mostrano che entrambi i gruppi di soggetti con neck pain aspecifico presentano livelli di attivazione elettromiografici maggiori rispetto ai controlli; non si rilevano differenze inter gruppo tra acuto e sub-acuto. Per quanto riguarda il mantenimento della contrazione dei muscoli flessori cranio-cervicali non si rilevano differenze statisticamente significative. Il rom risulta diminuito nel gruppo con neck pain acuto in maniera statisticamente significativa in flessione-estensione e rotazione, sia rispetto al gruppo sub-acuto, sia rispetto al gruppo di controllo.

I risultati confermano quindi l'ipotesi della presenza di un impairment nel controllo motorio cervicale, con un pattern di reclutamento alterato³⁵.

TABELLA 15. Sintesi dei risultati

EMG	DSS tra gruppi con neck pain e gruppo controllo
CCFT	Nessuna DSS tra i gruppi
ROM	DSS in flessione/estensione e rotazione tra: gruppo A-NP e S-NP gruppo A-NP e controlli

Recentemente Tsang e coll. Partendo dal background di evidenze riportate da Deborah Falla riguardo le alterazioni del reclutamento muscolare tra muscolatura superficiale e profonda nei soggetti con cervicalgia, compiono uno studio con l'obiettivo di esaminare la correlazione tra l'attività muscolare e l'accelerazione/decelerazione della colonna cervicale e toracica durante i movimenti attivi e in secondo luogo esaminare se il livello di questa relazione è collegata a limitazioni funzionali nei soggetti con neck pain³¹. Vengono reclutati un gruppo di persone con NS-NP cronico e un gruppo di soggetti senza sintomi. La procedura utilizza un sistema di rilevamento elettromagnetico (Fastrak, Polhemus), al fine di rilevare i movimenti della colonna cervicale e toracica. Viene inoltre misurata l'attività elettromiografica del trapezio superiore (UTR), erettori spinali cervicali e toracici (CES-TES) e sternocleidomastoideo (SCOM). Viene richiesto ai pazienti di attuare in ordine casuale una flessione-estensione, rotazione e flessione laterale, ad una velocità confortevole, alla massima escursione possibile, per 3 volte. Ogni movimento viene diviso in 4 fasi.

Per la flessione-estensione, la fase 1 rappresenta il movimento di flessione dalla posizione neutra (PN), alla fine del range in flessione, la fase 2 rappresenta l'estensione dalla massima flessione alla PN, la

fase 3 è codificata come l'estensione dalla PN fino alla fine dell'escursione articolare del movimento di estensione; l'ultima fase, la numero 4 indica il movimento di flessione di ritorno alla PN.

Per quanto riguarda i movimenti nel piano orizzontale, con la fase 1 si identifica la rotazione/flessione laterale sinistra con partenza dalla PN, la fase 2 rappresenta la rotazione/flessione laterale destra dalla posizione di massima rotazione /flessione laterale sinistra alla PN, la fase 3 rappresenta la flessione laterale/rotazione destra dalla PN fino a fine range, la fase 4 il rappresenta infine il ritorno in PN. Durante questi movimenti viene registrato anche il segnale elettromiografico.

Dai risultati emerge che il pattern di accelerazione in tutti i piani di movimento risulta significativamente compromesso nei soggetti con neck pain rispetto ai controlli. In flesso-estensione la contrazione dei muscoli CES segue quella dello SCOM durante la fase 1. I muscoli SCOM e CES interagiscono nella fase 2 e 3. Nella fase 4 si osserva solo la contrazione dello SCOM. L'attività dell'UTR risulta stabile durante tutto l'arco di movimento. L'attività degli erettori spinali risulta anticipata nei soggetti con neck pain rispetto al gruppo di controllo³⁶.

Per quanto riguarda le rotazioni, l'UTR e lo SCOM del medesimo lato e i muscoli CES del lato controlaterale lavorano in stretta relazione durante i movimenti. L'UTR di destra e lo SCOM di destra si contraggono in maniera sincronizzata insieme al CES di sinistra dalla fase 1 alla fase 2. La stessa cosa avviene nella fase 3 e 4 con i muscoli del lato opposto. I TES si contraggono insieme ai CES, ma nel gruppo con neck pain la contrazione è più marcata.

Nella flessione laterale destra e sinistra, l'UTR, lo SCOM, e i muscoli CES dello stesso lato si contraggono in maniera sincronizzata durante la flessione omolaterale. Nel gruppo con neck pain i muscoli TES non si contraggono, a differenza del gruppo controllo in cui avviene una contrazione omolaterale al movimento.

Per quanto riguarda l'associazione tra l'accelerazione/decelerazione della colonna cervicale e toracica e l'attivazione muscolare si fa riferimento alla cross correlation analysis (XCC); maggiori sono i valori XCC più forte è la correlazione tra attività EMG e la traiettoria dell'accelerazione/decelerazione cervicale. I valori XCC sono più bassi nel gruppo con neck pain in tutti i piani di movimento considerati. I due gruppi differiscono in maniera statisticamente significativa nell'associazione tra accelerazione cervicale e attivazione muscolare in tutti e 3 i piani di movimento ad eccezione del CES di sinistra e SCOM destro durante la rotazione a destra e a sinistra. Nel gruppo controllo l'associazione tra accelerazione/decelerazione presenta valori maggiori rispetto all'accelerazione/decelerazione toracica. I pattern osservati nel gruppo con cervicalgia sono

differenti, i valori XCC del TES e accelerazione/decelerazione cervicale sono significativamente più bassi.

I risultati dello studio mostrano una significativa diminuzione della capacità muscolare della colonna toracica e cervicale nei soggetti con neck pain. La capacità di generare forza dei muscoli spinali supporta l'evidenza della compromissione della performance di accelerazione-decelerazione nelle persone affette da neck pain cronico³⁶.

Un altro recente studio del 2017 si propone l'obiettivo di comparare e analizzare le proprietà meccaniche dei muscoli della colonna cervicale superiore in un gruppo di pazienti affetti da cefalea cervicogenica, al fine di identificare il metodo di trattamento più efficiente³⁷. Viene utilizzato un macchinario (myoton pro) per misurare il tono muscolare, la stiffness, e l'elasticità muscolare dei muscoli suboccipitali e del trapezio superiore.

I risultati mostrano che sono presenti differenze statisticamente significative per quanto riguarda tono e stiffness in entrambi i muscoli testati tra il gruppo sperimentale e il gruppo controllo, mentre non sono presenti differenze per quanto riguarda l'elasticità³².

TABELLA 16. Valori relativi al tono, stiffness ed elastici espressi attraverso la deviazione standard

	Deviazione standard	
	G. controllo	G. sperimentale
Tono (Hz)	16.1 +/- 1,3	19,4 +/- 2,5*
Elasticità	0,9 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1
Stiffness (N/m)	293,4 +/- 33,3	355,5 +/- 56,7*

DSS tra i gruppi * (p<0,05)

Un altro lavoro riguardante la forza dei muscoli del collo è stato prodotto da Lee e coll. Che si pongono l'obiettivo di esaminare la morfologia del collo e della testa, la postura, il rom, e la forza dei muscoli del collo, al fine di determinare qualsiasi associazione tra la presenza o l'assenza del neck pain aspecifico e le caratteristiche morfologiche del rachide cervicotoracico³³. Le Dimensioni fisiche del rachide cervico-toracico sono stati misurate con il Dualer (JTech, American Fork, UT), un dispositivo per la misurazione del movimento cervicale (CROM), un tape per i test di misurazione della postura spinale, e per la misura della circonferenza del collo. Per la resistenza dei muscoli del

collo viene utilizzato il test di Biering-Sørensen³⁴. Tutte le misure, eccetto la resistenza del muscolo del collo, sono state prese due volte da ciascun soggetto, da due diversi operatori.

I risultati mostrano che l'endurance della muscolatura cervicale è significativamente minore nel gruppo con neck pain rispetto al gruppo controllo. Per quanto riguarda il rom attivo si riscontra una diminuzione statisticamente significativa nella rotazione verso sinistra e nella protrazione. Non risultano esserci differenze significative per quanto riguarda la misura della postura cervico toracica³³.

TABELLA 17. Risultati delle misure ripetute ANOVA della differenza del ROM cervicale tra il gruppo sperimentale e gruppo controllo

Misura (°)	Differenza	p	Differenza	p	Interazione	p
• Rotazione sx	• 4,60	0,04*	• 0,57	0,51	• 1,55	0,36
• Rotazione dx	• 3,78	0,13	• -0,60	0,54	• 1,36	0,49
• FL sx	• 2,15	0,34	• -1,61	0,02*	• 1,77	0,20
• FL dx	• 1,90	0,44	• -1,89	0,02*	• 1,09	0,47
• Estensione	• 3,31	0,39	• -0,68	0,58	• 5,20	0,04*
• Flessione	• 0,94	0,78	• -0,38	0,70	• 2,54	0,21
• Retrazione	• 0,80	0,04*	• 0,14	0,62	• 0,04	0,94
• Protrazione	• 0,28	0,71	• 0,25	0,39	• 0,06	0,91

*p<0,05

TABELLA 18. Sintesi dei risultati

Endurance muscolare:	DSS tra gruppo neck pain e gruppo controllo.
Rom attivo:	DSS nella rotazione verso sinistra e nella protrazione tra i due gruppi
Postura cervico-toracica:	nessuna DSS

Un altro studio riguardante l'attività motoria della muscolatura cervicale nei soggetti con neck pain è stato condotto nel 2012 da Maroufi che si propone come obiettivo quello di caratterizzare il flexion relaxation phenomenon (FRP) nella colonna cervicale, in un gruppo di pazienti con neck pain e un gruppo di controllo⁴⁵. I soggetti vengono fatti sedere e viene chiesto di mantenere la posizione di

partenza (braccia lungo il fianco, rachide cervicale in posizione neutra) per 4 secondi (fase 1), completa flessione cervicale per 4 secondi (fase 2), sostenere la flessione completa cervicale per 4 secondi (fase 3) ed estensione cervicale con ritorno alla posizione di partenza per 4 secondi (fase 4). Ogni soggetto ha effettuato tre prove. Durante il test per prevenire l'effetto della velocità sul FRP, il ritmo viene controllato da un metronomo digitale. Viene registrata l'attività EMG dei muscoli erettori spinali cervicali (CES) e del trapezio superiore (UTR) durante tutte le fasi di movimento.

L'analisi statistica dei dati rivela una differenza statisticamente significativa nella comparsa del FRP tra i due gruppi. Anche il momento durante il movimento del rachide cervicale in cui registrano l'onset e l'offset del FRP è statisticamente differente tra i due gruppi. L'attività elettromiografica dei muscoli testati risulta significativamente maggiore nel gruppo di soggetti con neck pain.

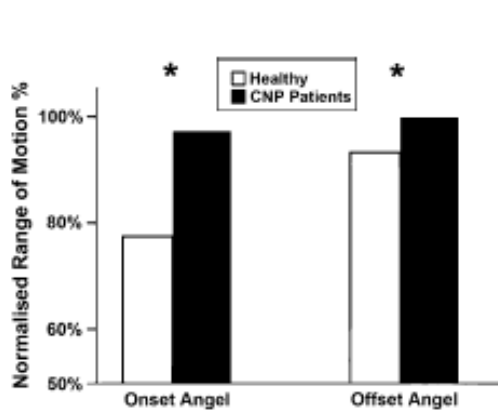


Fig. 2 Onset and offset angles of the FRP in healthy and CNP patients. Independent sample *t* test indicated significant differences among two groups ($P < 0.05$)

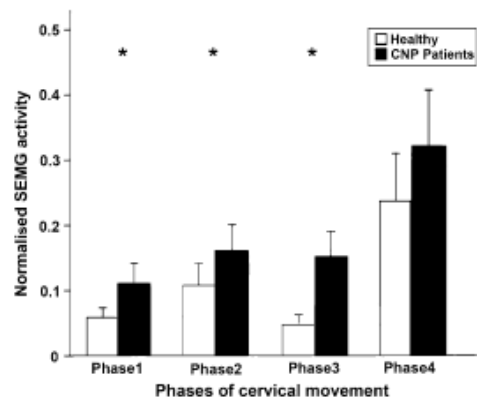
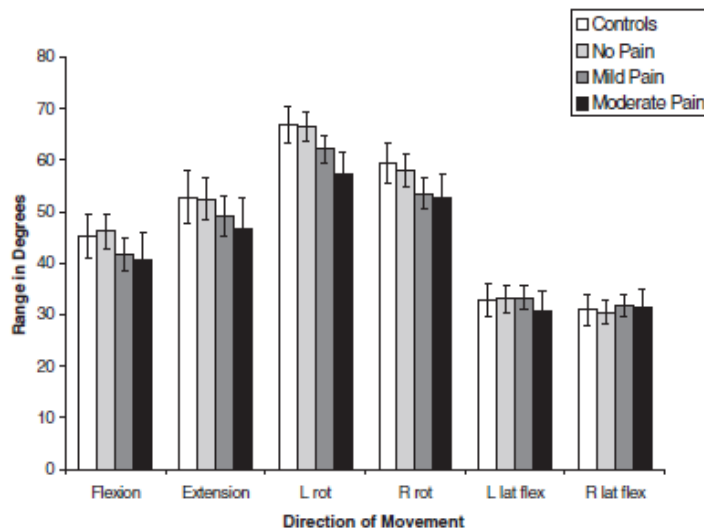


Fig. 3 Normalised SEMG activity of CES muscles in different phases of movement. Phase 1 Maintain the starting position. Phase 2 Complete cervical flexion. Phase 3 Sustain cervical full flexion. Phase 4 Extension with return to the starting position

Nel 2007 Jhonston e coll conducono uno studio con lo scopo di esaminare il controllo motorio cervicale in un gruppo di donne lavoratrici al video-terminale e affette da cervicgia³⁶. Decidono di esaminare 3 caratteristiche i cui impairments vengono comunemente riscontrati in presenza di NS-NP; la prima è il ROM, il secondo è l'endurance muscolare attraverso il CCFT, il terzo test è un task unilaterale di coordinazione per valutare l'attività del trapezio superiore; durante questa manovra vengono valutati attraverso l'elettromiografia i flessori cervicali, il trapezio superiore (UTR), gli estensori cervicali (CE). Il rom viene misurato attraverso un sistema di tracciamento elettromagnetico, l'attività muscolare attraverso il CCFT, il task unilaterale viene eseguito con il soggetto seduto che mantiene una penna nella mano dominante, che deve poi muovere tracciando 3 cerchi di diametro diverso in direzione antioraria. La forma del cerchio è disegnata su di una lavagna. Viene somministrato inoltre il neck disability index (NDI). I partecipanti vengono suddivisi in base allo score dell' NDI e della VAS. Il gruppo "no pain" (neck disability score <8, n=33); "mild pain

group” (neck disability score 9–29, n =38); e “moderate pain group” (neck disability score 30, n=14). È presente anche un gruppo di controllo senza sintomi.

Per quanto riguarda il rom si riscontra una differenza statisticamente significativa dell’escursione articolare in flessione nel gruppo “mild pain” rispetto ai controlli, non si riscontrano altre differenze significative³⁶



Per quanto riguarda l’attivazione muscolare si riscontra, all’esame elettromiografico dello SCOM destro e degli scaleni bilateralmente livelli di attività statisticamente maggiori nel gruppo “mild” e “moderate” pain rispetto ai controlli a 24-26-28-30 mmhg. Non si riscontra nessuna differenza intergruppo tra “mild” e “moderate pain”³⁶.

Per quanto riguarda il gesto funzionale si osserva una differenza statisticamente significativa tra i gruppi per i muscoli estensori cervicali, UTR, SCOM, scaleni, che vengono attivati maggiormente nei soggetti con dolore.

TABELLA 19. Sintesi dei risultati

Rom	DSS in flessione tra il gruppo “mild pain” rispetto ai controlli
Attività EMG	DSS nel gruppo “mild” e “moderate” pain rispetto ai controlli a 24-26-28-30 mmhg.
Gesto funzionale	DSS tra i gruppi con neck pain e il gruppo controllo per i muscoli estensori cervicali, UTR, SCOM, scaleni

In conclusione i risultati dello studio mostrano che in un gruppo di donne con neck pain aspecifico si riscontra una riduzione dell’escursione dei movimenti rotazionali, un aumento dell’attività EMG dei

muscoli flessori superficiali durante il CCFT, iperattività dei muscoli estensori cervicali, trapezio superiore e scaleni anteriori in un movimento selezionato dell'arto superiore. Si osserva inoltre una relazione tra i livelli di dolore riportati dai lavoratori e gli impairments³⁶.

3.4. ANALISI DEL PATTERN DI MOVIMENTO

Il terzo argomento che viene trattato nella presente revisione riguarda il pattern di movimento artrocinematico. Gli unici articoli inclusi prendono in considerazione il rapporto quantitativo di movimento tra il rachide cervicale superiore e quello inferiore. Non sono stati trovati articoli riguardanti variabili qualitative del movimento.

Partendo dal meno recente, nel 2011 Rudolfsson e colleghi conducono uno studio con lo scopo di quantificare la differenza di escursione articolare tra il rachide cervicale superiore e inferiore tra un gruppo di soggetti con non specific neck pain e un gruppo di soggetti sani³⁷. Per la misurazione del rom viene utilizzato un sistema di tracciamento elettromagnetico (FASTRAK, Polhemus Inc) in modo da valutare la cinematica del torace, della colonna vertebrale cervicale e della testa. Viene testata la massima escursione articolare attiva in flesso/estensione e in rotazione. Vengono fatte eseguire 3 ripetizioni ad una velocità confortevole per il soggetto.

I risultati dello studio mostrano che il rom della colonna cervicale alta, espresso in gradi, nei soggetti con neck pain è significativamente minore rispetto al gruppo controllo sia in flesso/estensione che in rotazione. Nella colonna cervicale alta l'estensione è maggiormente ridotta della flessione. Per quanto riguarda la cervicale bassa, la flessione risulta comunque minore dell'estensione nei soggetti affetti da cervicalgia. Se si analizza però il rachide cervicale alto rispetto a quello basso si riscontra che il rapporto della distribuzione del rom tra i due settori della colonna è alterato, e i livelli più bassi contribuiscono in maniera minore all'escursione di movimento totale rispetto ai controlli.

TABELLA 20. Rappresentazione descrittiva dei valori del rom cervicale del rachide cervicale superiore e inferiore nei due gruppi di studio, espressi attraverso la deviazione standard

ROM	Controlli	NS-NP
• UC flex	• 33,9	• 32,6
• UC ext	• 50,9	• 40,4
• UC total rom	• 84,7	• 73,0
• LC flex	• 21,1	• 16,0
• LC ext	• 5,4	• 3,0
• LC total rom	• 26,5	• 19,0
• Rotazione total rom	• 136,3	• 115,2

Table 4
ANCOVA table of ROM in flexion/extension for the upper and lower cervical levels and axial ROM.

	Sources of variation	Sums of squares	Df	F	p-value
Upper cervical levels	Group	1596.2	1	28.8	<0.01
	Direction	2226.3	1	41.0	<0.01
	CV-angle	18.3	1	0.3	0.57
	Group × Direction	700.4	1	12.9	<0.01
	Direction × CV-angle	1122.4	1	20.7	<0.01
	Error	7315.5	132		
Lower cervical levels	Group	526.8	1	27.8	<0.01
	Direction	265.3	1	16.7	<0.01
	CV-angle	371.5	1	19.6	<0.01
	Group × Direction	89.2	1	5.6	0.02
	Direction × CV-angle	<0.1	1	<0.1	0.99
	Error	2501.5	132		
Axial ROM	Group	2062.4	1	33.5	<0.01
	Age	984.3	1	16.0	<0.01
	Error	8130.5	132		

Group: Control and neck pain group; Direction: flexion/extension; CV-angle: starting posture; Df: Degrees of freedom; F: F-statistic.

TABELLA 21. Sintesi dei risultati

UCS	L'estensione è minore della flessione tra il gruppo con neck pain e i controlli
LCS	La flessione è minore dell'estensione tra i due gruppi

In uno studio successivo e più recente gli stessi autori partono dalle conclusioni del precedente studio cercando di migliorare per prima cosa, la procedura utilizzata. Un limite dello studio precedente è che la procedura per ottenere una postura neutra potrebbe non essere stata standardizzata

correttamente. Infatti la postura adottata potrebbe anche aver contribuito alla comparsa degli impairments riscontrati nella specifica direzione. La metodologia viene migliorata adottando una procedura standardizzata per ottenere la postura di partenza e per ancorare anatomicamente l'intero modello cinematico³⁸. Nel presente studio sono state esaminate la flessione ed estensione attiva e la protrazione della testa in un gruppo di donne con NS-NP e un gruppo di controllo con lo scopo di esaminare l'eventuale presenza di impairments relativi all' escursione cervicale riportate da Rudolfsson nel primo studio³⁸. Gli autori ipotizzano che la ridotta estensione nell' UCS e la ridotta flessione nell' LCS può essere determinata dalla posizione di partenza della testa. Si ipotizza inoltre che i soggetti con dolore al collo che eseguono la massima flessione/estensione cervicale siano limitati dal "torque avoidance behaviour" e quindi la differenza nella migrazione del centro di massa (CoM) della testa tra i soggetti con neck pain, rispetto ai controlli sarà maggiore in massima flessione/estensione invece che nella protrazione.

Vengono reclutati un gruppo di soggetti affetti da NS-NP e un gruppo di controllo. Per l'acquisizione dei dati viene utilizzato un sistema di tracciamento del movimento elettromagnetico (FASTRAK) per misurare la cinematica del torace e della testa. La postura neutrale della testa è stata ottenuta con una procedura auto-selezionata in cui i partecipanti eseguono movimenti di flessione/estensione con ampiezza decrescente fino al raggiungimento di una postura neutrale. I soggetti hanno eseguito tre ripetizioni di massima flessione/ estensione e successivamente di protrazione/retrazione. L'analisi della co-varianza del rom in flessione-estensione mostra interazioni statisticamente significative nel rapporto tra la direzione di movimento e il gruppo di appartenenza dell'UCS/LCS. I risultati confermano che gli impairments nel rom nel gruppo di pazienti sono direzione-specifici con una limitazione maggiore in estensione per quanto riguarda il rachide cervicale superiore e in flessione per il rachide cervicale inferiore. Inoltre risulta una variazione significativa del contributo alla massima escursione articolare tra UCS e LCS tra i gruppi. Il rapporto tra rachide cervicale basso e alto è maggiore nei pazienti rispetto ai controlli.

TABELLA 22. Analisi descrittiva delle variabili cinematiche del rachide cervicale superiore ed inferiore dei gruppi in studio rappresentate con i valori di deviazione standard

Variabile	Controlli	NS-NP
• UC flex • UC ext • LC flex • LC ext • HCM (head center of mass) flex • HCM ext • HCM globale • UC NHP (natural head position) • LC NHP	• 36,3 • -53,3 • 16,3 • -2,6 • 9,7 • -10,2 • 19,9 • 5,2 • 9,5 • 68,4	• 33,7 • -46,0 • 11,8 • -1,8 • 8,2 • -7,9 • 16,9 • 4,3 • 10,6 • 70,1

I risultati dello studio confermano quelli dello studio precedente riguardo la presenza di impairments livello e direzione specifici in un gruppo di soggetti affetti a cervicalgia aspecifica. L'ipotesi che la postura iniziale influisca sugli impairments del movimento e sia presente una strategia comportamentale per evitare eccessive torsioni sul rachide cervicale, viene confutata dai risultati. Confrontando i risultati attuali con i risultati dello studio precedente si osserva che l'escursione totale di movimento è simile in entrambi i gruppi. La conferma dei precedenti risultati supporta l'assunto che gli impairment di direzione e livello del rom in flessione/estensione possono essere generalizzati alla popolazione femminile con NS-NP⁴³.

Recentemente nel 2014 Ernst conduce uno studio con lo scopo di valutare il ROM del rachide cervicale superiore e dell'intero rachide cervicale in un gruppo pazienti e un gruppo controllo, per indagare la presenza di una correlazione tra ROM, dolore e la disabilità dei pazienti affetti appunto da cervicalgia non specifica³⁹. Per quanto riguarda l'esame della colonna cervicale bassa (CS), i

soggetti sono stati invitati a compiere i movimenti con la massima escursione possibile in estensione e flessione, senza modificare la posizione della parte superiore del corpo. Per la valutazione della colonna cervicale alta (UCS) in flesso/estensione, i soggetti sono stati istruiti a compiere un movimento di nodding. Vengono effettuate tre ripetizioni partendo con l'estensione. L'ordine di prova (prima UCS o CS) è casuale. Come strumentazione viene utilizzato un tracker elettromagnetico e un goniometro (CROM tm). Viene inoltre somministrata la scala NDI e una volta ottenuti i risultati dell'analisi cinematica vengono comparati.

L'associazione più forte (da buona a moderata) è stata dimostrata tra la flessione del UCS e la sezione dell'NDI riguardante la cefalea. La riduzione del rom in flessione è associato ad un punteggio aumentato, registrato sull' "NDI headache". L'escursione totale dei movimenti del rachide cervicale in flesso/estensione ha mostrato una scarsa correlazione con il punteggio totale dell'NDI e una correlazione molto limitata con la cefalea. Inoltre la relazione tra flesso/estensione del rachide cervicale e dolore o disabilità, è più debole rispetto al rachide cervicale superiore³⁹.

4. DISCUSSIONE

Sono stati analizzati 28 articoli, selezionati in quanto conformi ai criteri di eleggibilità scelti. Il disegno di studio più frequente è sicuramente quello di tipo cross-sectional e in misura minore il caso-controllo. Quello che emerge dalla revisione è che sono sempre presenti variazioni qualitative nel movimento attivo cervicale se si confronta una popolazione di soggetti con neck pain e una popolazione di soggetti sani; non sempre però queste differenze sono statisticamente significative e quindi, non rifiutando l'ipotesi nulla, possono essere variazioni dovute al caso. Per uniformare gli obiettivi dei lavori esaminati, sono stati creati 3 paragrafi in cui sono stati raggruppati i diversi argomenti.

Per quanto riguarda il primo paragrafo, ovvero le caratteristiche cinematiche del movimento attivo, Sjolander conclude che i soggetti con dolore cervicale, sia esso di natura aspecifica o traumatica, compiono i movimenti in maniera meno fluida rispetto ai soggetti sani; inoltre mostrano un'alterazione del senso di posizione articolare¹³. I meccanismi responsabili dell'aumento del jerk index, ovvero delle oscillazioni riscontrabili durante l'atto motorio, restano da chiarire; secondo gli autori gioca un ruolo fondamentale l'alterazione del controllo motorio cervicale, quindi una maggiore co-contrazione muscolare potrebbe generare movimenti meno fluidi, a scatti e ad una velocità minore. Questi impairments potrebbero essere dovuti ad un'alterazione propriocettiva oppure ad un deficit dei meccanismi di controllo feedforward¹³. Per quanto riguarda la misura dell'escursione articolare non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra i gruppi di studio. Il picco di velocità media durante le rotazioni cervicali è più basso nel gruppo di pazienti rispetto ai controlli, ma anche in questo caso le differenze non sono statisticamente significative. I soggetti con dolore al collo ad eziologia aspecifica compiono comunque movimenti più lenti e meno ampi rispetto al gruppo affetto da WAD. Questo trend potrebbe indicare lo sviluppo nei soggetti sintomatici, di strategie di controllo motorio differenti per evitare la comparsa della sintomatologia dolorosa oppure per mantenere una maggiore stabilità cervicale attraverso l'aumento del grado di co-attivazione dei muscoli del collo. È stato proposto dall'autore che le alterazioni del pattern di reclutamento muscolare e della propriocezione, piuttosto che il dolore in sé, possano essere i fattori cardine che definiscono la condizione di cronicità in questo tipo di disturbo¹³.

Nel primo studio di Julia Treleven viene dimostrato che sono presenti differenze statisticamente significative nella velocità e nella fluidità dei movimenti attivi tra una popolazione di soggetti con cervicalgia aspecifica e un gruppo di soggetti sani. In particolare risulta essere la flessione-estensione il movimento più colpito¹⁷. Nel secondo studio del 2014, dove il sistema di realtà virtuale cambia leggermente, si riscontrano risultati analoghi per quanto riguarda la velocità e la fluidità dei

movimenti. In questo studio però il numero di picchi di velocità è più alto nei soggetti sani rispetto ai soggetti sintomatici ed è quindi in contrasto con i risultati dello studio precedente¹⁸. L'ipotesi alla base della scelta dell'outcome "fluidità" è che il movimento in assenza di patologia sia caratterizzato da un unico picco di velocità. Per spiegare questa discrepanza vengono avanzate dagli autori alcune considerazioni; la prima è che la diretta comparazione tra gli studi non può essere fatta in quanto il "numero di picchi di velocità" è una caratteristica che rappresenta il livello di disturbo tra il segnale che viene registrato e il tracker, ovvero lo strumento registrante. Il filtro di registrazione utilizzato in questo studio è impostato con parametri leggermente differenti rispetto al primo trial e questo può rappresentare la causa principale della differenza osservata. Gli autori aggiungono inoltre che l'interpretazione della misura di rumore nel segnale può essere ambigua, in quanto valori più alti nella misura dei picchi di velocità durante il movimento possono essere interpretati anche come rappresentazione di un sistema più vigile e quindi è possibile che i soggetti asintomatici, che muovono il collo con velocità maggiori, dimostrino più confidenza nei movimenti e quindi maggiori variazioni nel ritmo, rispetto ai soggetti sintomatici. Sicuramente la differenza riscontrata è statisticamente significativa anche se in contrasto con i risultati dei due studi argumentati in precedenza¹⁸. Nello studio più recente degli stessi autori viene dimostrato che in un gruppo di soggetti affetti da cervicalgia aspecifica e traumatica (whiplash) esiste una significativa correlazione tra i movimenti rotazionali con l'impairment nell'escursione articolare, nella velocità del movimento, intensità del dolore, disabilità, dizziness, disturbi visivi e di equilibrio. Secondo gli autori la riduzione dell'escursione di movimento è causata dalla sintomatologia dolorosa, che impone ai pazienti un arresto precoce durante il movimento, mentre la velocità della rotazione sembra correlare con i disturbi visivi e con l'equilibrio dinamico. Questi risultati possono essere dovuti alla complessa connessione tra il sistema vestibolare, visivo e propriocettivo cervicale che viene sollecitato maggiormente nei movimenti in rotazione¹⁹.

Gli studi di woodhouse sull'argomento confermano che nella popolazione di soggetti con neck pain i movimenti sono più lenti e le traiettorie di movimento risultano meno fluide, rispetto ai soggetti sani, inoltre risultano ridotti anche i movimenti combinati²⁰. Secondo l'autore i movimenti combinati possono essere rappresentati come la misura della fluidità del movimento che avviene sul piano primario. L'esame dei movimenti combinati è stato usato come misura di outcome in altri studi per differenziare i soggetti con dolore al collo e soggetti sani^{20, 22}. Il presente studio è in accordo con i precedenti in quanto la differenza di escursione di movimento nel piano primario nelle popolazioni prese in esame si associa anche ad una diminuzione dei movimenti combinati. La causa della minor velocità riscontrata nei pazienti è sconosciuta. Vikne ha suggerito che l'alterato pattern di reclutamento muscolare non può giustificare la minor velocità in quanto è stato dimostrato che

l'attività elettromiografica dei muscoli cervicali durante il movimento è simile tra i soggetti sintomatici e non²⁴. È stato riscontrato invece una correlazione tra il comportamento di evitamento e la velocità dei movimenti, suggerendo che le alterazioni osservate potrebbero essere dovute a dei fattori cognitivi. Altri studi hanno riportato l'associazione tra la chinesiofobia e la velocità dei movimenti cervicali, dimostrando correlazioni moderate tra la velocità di movimento e l'escursione articolare attiva con la chinesiofobia^{40,41}.

Bertomeu nel 2011 conclude che i soggetti con dolore al collo in seguito a whiplash presentano una minor escursione di movimento, una minor velocità ed accelerazione angolare rispetto ai soggetti sani. In questo studio la fluidità del movimento non diminuisce in maniera statisticamente significativa²¹. Per quanto riguarda la velocità in questa specifica popolazione di pazienti, i risultati sono in linea con quelli di altri due studi che indagano questo aspetto^{42,43}. Nello studio di Sjolander, citato in precedenza non vengono riscontrate differenze statisticamente significative per quanto riguarda la velocità in un gruppo di pazienti affetti da WAD; una prima importante differenza può essere riscontrata nel campione preso in esame, 30 soggetti affetti da WAD nel presente studio contro i 7 di Sjolander, inoltre anche la metodica utilizzata per registrare il movimento e le istruzioni date ai pazienti sono differenti; I risultati del presente studio riguardo la velocità confermano quelli di Ohberg⁴², anche se i valori sono minori. La riduzione nell'accelerazione è correlabile con la fluidità del movimento; movimenti più lenti e con minor ampiezza determinano infatti anche una riduzione dell'accelerazione. Importante variabile analizzata è la fluidità che esamina, secondo l'autore, la spontaneità dei movimenti. Sjolander riporta una minima differenza, comunque significativa. Anche in uno studio di Prushanski del 2006 viene riscontrata una diminuzione della fluidità del movimento nei pazienti esaminati⁴⁴. Nel presente studio non si riscontra nessun aumento significativo della variabilità dei movimenti nel gruppo di soggetti con cervicaglia. Queste differenze possono essere dovute alla differente metodica di acquisizione del dato.

Waeynart, che nel suo studio suddivide i soggetti con neck pain in base alla localizzazione del dolore (uni/bilaterale), conclude che per quanto riguarda la rotazione assiale il gruppo di pazienti con sintomatologia simmetrica mostra movimenti meno armonici e meno ampi rispetto ai controlli, inoltre mostra minore fluidità anche rispetto al gruppo con sintomatologia dolorosa unilaterale⁸. Il risultato è in accordo con lo studio di Sjolander.

Roijezon riscontra una differenza statisticamente significativa nel gruppo di soggetti con neck pain e nel gruppo di controllo per quanto riguarda la velocità massima, il rom, e i movimenti combinati nei movimenti rotazionali²². La velocità e il rom sono le variabili che possono discriminare nella maniera migliore il gruppo di controllo e quello sperimentale. I risultati quindi implicano che la velocità della

rotazione assiale cervicale sia ridotta in una popolazione di donne affette da cervicalgia aspecifica, la velocità in rotazione risulta quindi uno strumento utile per valutare i pazienti con cervicalgia e dirigere il trattamento²².

I risultati dello studio di Segieth mostrano una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda l'escursione articolare in flessione/estensione, rotazione, e flessione laterale. Si riscontra una differenza statisticamente significativa anche nella variabilità del movimento tra i due gruppi; i soggetti con cervicalgia presentano una minore variabilità del movimento²³. La diminuzione delle oscillazioni viene interpretata dagli autori come la presenza di un pattern di movimento più rigido e stereotipato, che può rappresentare una strategia protettiva mal-adattativa al fine di evitare l'esacerbazione della sintomatologia nei soggetti con sintomatologia. Un'ulteriore ipotesi avanzata dagli autori è quella che nei soggetti con dolore si verifichi un'alterazione del sistema senso-motorio, e quindi un deficit di percezione del movimento e della sua qualità²³.

Vinke riscontra una riduzione significativa della velocità dei movimenti effettuati da un gruppo di soggetti con neck pain traumatico successivo a whiplash. Anche la fluidità del movimento misurata attraverso il jerk index è minore nel gruppo di pazienti ma solo nel movimento di ritorno in flessione dalla massima posizione di estensione. Non si riscontrano differenze significative per quanto riguarda il segnale elettromiografico tra i due gruppi²⁴. Da quello che emerge da questo studio i movimenti cervicali in una popolazione di soggetti affetti da cervicalgia in seguito a whiplash sono caratterizzati da una diminuzione della velocità ma da una normale attivazione muscolare. Gli autori concludono che la velocità può essere un parametro da considerare nella clinica, mentre la fluidità del movimento non sembra rivestire un ruolo importante nella caratterizzazione degli impariments della colonna cervicale nei soggetti con neck pain aspecifico

Quello che emerge dall'analisi degli studi è che nella popolazione di soggetti con dolore cervicale aspecifico i movimenti vengono effettuati a velocità minore e in maniera meno fluida rispetto ai soggetti sani. Non sembra esserci uno specifico movimento sul piano primario nel quale è possibile sempre riscontrare queste variazioni. Nei soggetti con cervicalgia successiva a whiplash solo Sjolander non riscontra una differenza statisticamente significativa nella velocità dei movimenti rotazionali, ma esamina un piccolo campione di soggetti, solo 7. Gli altri autori che hanno preso in esame questa tipologia di soggetti riscontrano sempre differenze significative. In particolare da quello che emerge dallo studio di Vinke, non sembra sia implicato un alterato pattern di reclutamento muscolare nell'esecuzione di un movimento più lento, ma piuttosto un atteggiamento chinesiofobico che porta il soggetto a compiere il movimento in maniera alterata. Secondo il fear avoidance model of pain il soggetto che sperimenta dolore può entrare in un circolo vizioso di paura ed evitamento

che determina modificazioni nell'attuazione dei movimenti e di conseguenza un decondizionamento che contribuisce al mantenimento della sintomatologia⁴⁵.

Per quanto riguarda il pattern di reclutamento muscolare un importante contributo è stato dato dagli studi di Deborah Falla nei quali indaga l'attività elettromiografica dei muscoli mobilizzatori e stabilizzatori cervicali partendo dal presupposto che in una situazione in cui è presente una sintomatologia di tipo doloroso a livello cervicale, si verifichi una riorganizzazione del pattern di reclutamento, determinando un aumento di attività dei muscoli mobilizzatori e una diminuzione dei muscoli stabilizzatori^{15,16,27,29}. Secondo l'integrated pain adaptation model infatti si verificherebbe una riorganizzazione mal-adattativa del sistema motorio con la facilitazione dell'attività dei muscoli mobilizzatori, antagonisti del movimento e un'inibizione dei muscoli stabilizzatori⁴⁶. Falla riscontra che l'ampiezza del segnale dei flessori cervicali profondi è minore nei soggetti affetti da neck pain rispetto al gruppo di controllo. Si osserva inoltre un aumento di attività dei muscoli mobilizzatori. Il dolore quindi, secondo l'autrice, può determinare una riduzione della capacità contrattile dei muscoli agonisti e un associato aumento di attività dei muscoli antagonisti. Questo fenomeno può essere causato dall'effetto facilitatorio delle afferenze nocicettive rispetto agli interneuroni inibitori del tronco encefalico durante l'attività muscolare^{27,29}.

Bjorn nel 2008 riscontra che in una popolazione di piloti affetti da cervicalgia sono presenti impairments nel controllo motorio cervicale, con un pattern di reclutamento alterato a favore dei muscoli mobilizzatori³⁰. Alle stesse conclusioni arriva anche più recentemente Tsang³¹.

Anche Johnston riporta che in un gruppo di donne con neck pain aspecifico si riscontra un aumento dell'attività elettromiografica dei muscoli flessori superficiali durante il CCFT, iperattività dei muscoli estensori cervicali, trapezio superiore e scaleni anteriori durante l'esecuzione di un task funzionale dell'arto superiore³⁶.

A differenza della velocità e fluidità dei movimenti, sembra chiaro che in attività in cui viene richiesta un'attivazione muscolare crescente, in particolare viene studiato il cranio cervical flexion test, è presente un alterato pattern di reclutamento muscolare. In questo caso i risultati vengono confermati dalla misura dell'attività muscolare tramite EMG.

Per quanto riguarda il pattern di movimento artrocinematico sono stati analizzati tre studi che confrontano il rapporto nell'escursione di movimento tra la colonna cervicale alta e bassa. Nei due studi di Rudolfsson viene dimostrato che nella colonna cervicale bassa dei soggetti con neck pain la flessione è minore dell'estensione, se confrontata con un gruppo di soggetti sani. Nella colonna cervicale alta invece l'estensione è minore della flessione^{37,38}. In uno studio più recente Ernst

conclude che è presente una forte associazione tra l'escursione di movimento in flessione del rachide cervicale superiore e la sezione dell'NDI riguardante la cefalea. Inoltre il ridotto rom in flessione si associa all'aumento del punteggio nell' "NDI headache"³⁹. Purtroppo non sono stati trovati in letteratura studi che confrontassero variabili cinematiche qualitative che confrontassero la colonna cervicale alta e bassa, per questo motivo, riguardo a questo argomento, non si possono trarre conclusioni.

5. CONCLUSIONI

In conclusione sembra che la causa delle alterazioni cinematiche riscontrate debba essere ricercata nell'atteggiamento di evitamento rispetto al movimento, dovuto alla paura di esacerbare la sintomatologia. Secondo la moderna scienza del dolore in seguito ad un trauma, il soggetto elabora l'informazione nocicettiva in un modo unico e personale, reagendo quindi con modalità differenti; la persona può adattarsi alla condizione, graduando le attività, e riprendendo gradualmente le normali abitudini di vita rispettando la capacità di carico dei tessuti fino al ritorno alla condizione di partenza. Nel secondo caso invece il dolore viene interpretato dal soggetto in maniera inadeguata, portandolo ad adottare un atteggiamento di catastrofismo verso la propria condizione. Questo determina una situazione di iper-vigilanza rispetto ai sintomi percepiti e come conseguenza di questo stato vengono evitati o attuati con strategie differenti, i movimenti ritenuti provocativi o peggiorativi della condizione. Questa situazione comporta un decondizionamento ulteriore dovuto al "non-uso" della parte interessata. Parallelamente, a causa della sintomatologia dolorosa prima e all'alterazione dello schema di movimento poi, si verifica una riorganizzazione del pattern motorio, attraverso una diversa distribuzione dell'attività muscolare durante i movimenti.

Quello che emerge dalla revisione è che i soggetti con dolore al collo effettuano i movimenti attivi in maniera più lenta e meno fluida; questo aspetto sembra essere correlato all'atteggiamento di evitamento. Inoltre è presente un'alterazione del controllo motorio cervicale, confermato dall'analisi elettromiografica dei muscoli mobilizzatori primari e stabilizzatori durante il movimento. Queste due caratteristiche cinematiche possono essere correlate se viene preso come riferimento il modello di adattamento al dolore descritto sopra. Si può concludere che i movimenti attivi dei soggetti con dolore cervicale vengono effettuati attraverso schemi motori alterati, in maniera lenta, e meno fluida. Questi impairments possono essere riscontrati nella fase valutativa di un paziente con neck pain non specifico attraverso l'analisi accurata dei movimenti attivi e tramite il cranio cervical flexion test per quanto riguarda le alterazioni del reclutamento muscolare.

Per quanto riguarda l'ultimo argomento trattato, ovvero il pattern di movimento artrocinematico, non è possibile trarre conclusioni. Gli unici studi considerati perché conformi ai criteri di eleggibilità si focalizzano sulla differenza di escursione articolare tra rachide cervicale superiore e inferiore senza considerare variazioni qualitative tra i distretti; sembra comunque sia presente un'alterazione quantitativa tra i due distretti del rachide cervicale; nella colonna cervicale inferiore la flessione è meno limitata dell'estensione. Nella colonna cervicale alta invece l'estensione è meno limitata della flessione.

6. BIBLIOGRAFIA

1. 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.
2. Hogg-Johnson S, van der Velde G, 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. *Spine*. 2008 Feb 15;33:S39-51.
3. Guzman J, Hurwitz EL. 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:S14-23.
4. Meisinger I, Woodhouse A. Evidence for a general stiffening motor control pattern in neck pain: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorder*. 2015; 101(1):1-14
5. Nordin M, Carragee EJ, Hogg-Johnson S, Weiner SS, Hurwitz EL, Peloso PM, et al. Assessment of neck pain and its associated disorders: results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine*. 2008 Feb 15;33(4 Suppl):S101-22.
6. Evans G. Identifying and treating the causes of neck pain. *Med Clin North Am*. 2014 May;98(3):645-61.
7. Bogduk N. The anatomy and pathophysiology of neck pain. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2011 Aug;22(3):367-82.
8. Waeyaert P. 3-Dimensional cervical movement characteristics in healthy subjects and subgroups of chronic neck pain patients based on their pain location. *Spine*. 2016; 41(15): 908-14
9. Woodhouse A. Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC Musculoskeletal Disorder*. 2008; 9(90): 1-10
10. Tralevean J. Factors associated with cervical kinematic impairments in patients with neck pain. *Man Ther*. 2015; 1-7
11. Hall CD, Herdman SJ. Treatment for Vestibular Disorders: How Does Your Physical Therapist Treat Dizziness Related to Vestibular Problems? *J Neurol Phys Ther*. 2016;40(2):156.
12. Bahat S. Interactive cervical motion kinematics: Sensitivity, specificity and clinically significant values for identifying kinematic impairments in patients with chronic neck pain. *Man ter*. 2014; 20(2):295-302.
13. Sjölander P, Michaelson P, Jaric S, Djupsjöbacka M. Sensorimotor disturbances in chronic neck pain – range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Man Ther*. 2008;13(2):122-31.

14. Vries J. Joint position sense error in people with neck pain: a systematic review. *Man Ther.* 2015;26(1):1-9.
15. Falla DL, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine.* 2004;29(19):2108-14.
16. Falla D, Jull G, Edwards S, Koh K, Rainoldi A. Neuromuscular efficiency of the sternocleidomastoid and anterior scalene muscles in patients with chronic neck pain. *Disabil Rehabil.* 2004;26(12):712-7.
17. Bahat S, Trelevean J. The effect of neck pain on cervical kinematics, as assessed in a virtual environment. *Arch Phys med Rehabil.* 2010;91:1884-90
18. Bahat S, Trelevean J. Interactive cervical motion kinematics: sensitivity, specificity and clinically significant values for identifying kinematic impairments in patients with chronic neck pain. *Man Ther.* 2015;20(2):295-302.
19. Bahat S, Trelevean J. Factors associated with cervical kinematic impairments in patients with neck pain. *Man Ther.* 2016;22:109-15.
20. Meisingset I, Woodhouse A. Neck motion, motor control, pain and disability: A longitudinal study of associations in neck pain patients in physiotherapy treatment. *Man Ther.* 2016;22:94-100
21. Baydal-Bertomeu JM, Page AF. Neck motion patterns in whiplash-associated disorders: quantifying variability and spontaneity of movement. *Clin Biomech* 2011;26(1):29-34.
22. Røijezon U. Kinematics of fast cervical rotations in persons with chronic neck pain: a cross-sectional and reliability study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11:222.
23. Vogt L, Segieth C. Movement behaviour in patients with chronic neck pain. *Physiother Res Int.* 2007;12(4):206-12.
24. Vikne H. Muscle activity and head kinematics in unconstrained movements in subjects with chronic neck pain; cervical motor dysfunction or low exertion motor output? *BMC Musculoskelet Disord.* 2013; 14: 314.
25. de Vries J. Joint position sense error in people with neck pain: A systematic review. *Manual Therapy* 2015; 20(6):736-44
26. Nederhand MJ. Cervical muscle dysfunction in chronic whiplash-associated disorder grade 2: the relevance of the trauma. *Spine* 2002;27(10):1056-61.
27. Falla D. Patients with chronic neck pain demonstrate altered patterns of muscle activation during performance of a functional upper limb task. *Spine.* 2004;29(13):1436-40.

28. Jull G, Falla D. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Man Ther.* 2009;14:696–701.
29. Falla D. The Change in Deep Cervical Flexor Activity After Training is associated with the degree of pain reduction in patients with chronic neck pain. *Clin J Pain.* 2012; 28(7):628-634
30. Bjorn A. Impaired neck motor function and pronounced pain-related fear in helicopter pilots with neck pain - a clinical approach. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(4):538-49.
31. Tsang SM. Relationship between neck acceleration and muscle activation in people with chronic neck pain: Implications for functional disability. *Clin Biomech* 2016;35:27-36.
32. Seung K. Analysis of mechanical properties of cervical muscles in patients with cervicogenic headache. *J Phys Ther Sci.* 2017; 29(2): 332–335.
33. Lee H. Cervical range of motion associations with subclinical neck pain. *Spine.* 2004 1;29(1):33-40.
34. Biering-Sørensen F. A one-year prospective study of low back trouble in a general population: the prognostic value of low back history and physical measurements. *Spine.* 1984;31:362–375.
35. Maroufi N. A comparative investigation of flexion relaxation phenomenon in healthy and chronic neck pain subjects. *Eur Spine J.* 2013; 22(1): 162–168.
36. Johnston V. Neck movement and muscle activity characteristics in female office workers with neck pain. *Spine.* 2008;33(5):555-63.
37. Rudolfsson T. Range of motion in the upper and lower cervical spine in people with chronic neck pain. *Man Ther.* 2012;17(1):53-9.
38. Rudolfsson T. Direction-Specific Impairments in Cervical Range of Motion in Women with Chronic Neck Pain: Influence of Head Posture and Gravitationally Induced Torque. *PLoS One.* 2017;12(1):
39. Ernst M. Extension and flexion in the upper cervical spine in neck pain patients. *Man Ther.* 2015;20(4):547-52
40. Hudes K. The Tampa Scale of Kinesiophobia and neck pain, disability and range of motion: a narrative review of the literature. *J Can Chiropr Assoc.* 2011;55(3):222-32.
41. Sarig Bahat H, Weiss P. Do neck kinematics correlate with pain intensity, neck disability or with fear of motion? *Man Ther.* 2014;19(3):252-8.
42. Ohberg F. Chronic whiplash associated disorders and neck movement measurements: an instantaneous helical axis approach. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2003;7(4):274-82.
43. Grip H. Variations in the axis of motion during head repositioning--a comparison of subjects with whiplash-associated disorders or non-specific neck pain and healthy controls. *Clin Biomech.* 2007;22(8):865-73

44. Prushansky T. Performance of cervical motion in chronic whiplash patients and healthy subjects: the case of atypical patients. *Spine*. 2006 1;31(1):37-43.
45. Crombez G, Eccleston C. Fear-avoidance model of chronic pain: the next generation. *Clin J Pain*. 2012;28(6):475-83
46. Hodges P. Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*. 2011;152:90-8.