



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disturbi Muscoloscheletrici

A.A. 2009–2010

Campus Universitario di Savona

*In collaborazione con
Master of Science in Manual Therapy
Vrije Universiteit Brussel*



TESI:

Metodi di Valutazione del Rachide Cervicale Tramite Dispositivi di Realtà Virtuale

Candidato:

Dott. Baba Alfonc

Relatore:

Dott. Mag. Turolla Andrea

INDICE

1. Abstract	3
2. Introduzione	5
3. Cenni di Anatomia e di Cinematica del Rachide Cervicale	5
4.1 Valutazione del ROM del Rachide Cervicale	6
4.1.1 Valutazione del ROM del Rachide Cervicale mediante di Motion Tracking	9
4.1.2 Valutazione del ROM del Rachide Cervicale mediante dispositivi di Realtà Virtuale	10
5. Materiali e Metodi	11
6. Risultati	12
7. Discussione	17
8. Conclusioni	17
9. Key Point	18
10. Bibliografia	19

1. Abstract

Disegno dello Studio: Revisione Sistemática della Letteratura

Obiettivo: Validazione della valutazione del Range of Motion (ROM) del Rachide Cervicale (RC) tramite dispositivi di Realtà Virtuale (RV).

Introduzione: La complessità anatomica del sistema osteoarticolare cervicale rende difficile la valutazione clinica del ROM. Goniometri e inclinometri sono ampiamente utilizzati per scopi clinici, questi dispositivi sono utili solo a misurare il ROM statico (bidimensionale). Lo studio computerizzato (studio tridimensionale [3D] dei punti di repere d'interesse) della cinematica del RC potrebbe rappresentare un utile strumento per la valutazione dei parametri del movimento fisiologico (ampiezza, velocità, accelerazione...). I dispositivi computerizzati di valutazione valutano i movimenti nei tre piani principali di movimento (frontale, sagittale e trasversale), ma monitorano anche i movimenti angolari, quindi indagano nei 6 gradi complessivi di libertà del distretto.

Materiali e Metodi: È stata eseguita una ricerca tramite il motore di ricerca PubMed nella banca dati Meline per studi in lingua inglese o italiana, incrociando le parole chiave riportate in *key words*. Il titolo di ogni studio è stato revisionato per valutarne pertinenza. Gli abstract degli studi potenzialmente pertinenti, sono stati ulteriormente revisionati prima di ottenere la copia full text dell'articolo, per la seconda revisione. Dopo aver individuato gli articoli finali, sono stati ricercati anche gli articoli correlati di maggior pertinenza. Inoltre è stata effettuata anche una ricerca manuale su riviste non indicizzate.

Risultati: Dopo la lettura dei titoli, degli abstract e dei full-texts degli studi più pertinenti, si è arrivati ad includere per la revisione definitiva 3 studi (Cross sectional trails) ottenendo i seguenti risultati. La misurazione VR-based, si è dimostrata più accurata ed affidabile rispetto alle tradizionali misurazioni; La sensibilità, di tali devices da raccomandazioni per l'utilizzo al fine di identificare individui con una vera compromissione del ROM cervicale. Nei pazienti con neck pain la velocità media era più bassa rispetto ai partecipanti asintomatici ($p < 0.0001$); avevano maggior numero di picchi di velocità, indicando una ridotta fluidità di movimento ($p < 0.0036$). Studio condotto in una popolazione di 67 soggetti con 2 gruppi: 25 con neck pain e 42 asintomatici. L'affidabilità inter ed intra-esaminatore è stata confermata nei lavori presenti tali devices.

Conclusioni: I metodi di valutazione del ROM funzionale del RC con RV forniscono valide informazioni e possono essere utilizzati per tali misurazioni. La valutazione con RV del ROM in soggetti con neck pain ha una maggiore sensibilità rispetto valutazione convenzionale che mostra avere una maggior specificità nella valutazione della limitazione; La valutazione RV-based può essere utilizzata per l'individuazione dei soggetti sintomatici veri. L'affidabilità inter ed intra-esaminatore è stata sostenuta. I risultati suggeriscono una migliore ripetibilità per il metodo RV , per la valutazione della rotazione che si è dimostrata più precisa della valutazione della flessione/estensione. L'esposizione ad una singola sessione di VR ha portato ad un aumento significativo del ROM del RC.

Key words: cervical spine, assesment, range of motion, virtual enviroment, virtual reality.

2. Introduzione

Misurare l'ampiezza del movimento (il range of motion ROM) del rachide cervicale (RC) è un problema clinico importante, dato rilevante per le menomazioni e gli effetti del trattamento del distretto cervicale. La complessità anatomica del sistema osteoarticolare cervicale rende difficile la valutazione clinica del ROM (2). Solo la valutazione di questo parametro sembrerebbe non essere sufficiente; la scarsa accuratezza e riproducibilità è imputabile infatti sia alla complessità nella sovrapposizione dei tessuti molli con segmenti ossei, sia ai pochi punti di repere identificabili in tale distretto. Goniometri e inclinometri sono ampiamente utilizzati per scopi clinici, questi dispositivi sono utili solo a misurare il ROM statico (bidimensionale) (10).

Lo studio computerizzato (studio tridimensionale [3D] dei punti di repere d'interesse) della cinematica del RC potrebbe rappresentare un utile strumento per la valutazione dei parametri del movimento fisiologico (ampiezza, velocità, accelerazione...). Inoltre, tale metodo, sarebbe utile per un confronto sia intra-individuale (comportamento del soggetto in tests ripetuti), che inter-individuale (comportamento della misura effettuata da operatori diversi; confronto con parametri di normalità o popolazioni patologiche predefinite), fungendo da valido strumento di valutazione nei tre piani di movimento (frontale, sagittale e trasversale), quindi nei 6 gradi complessivi di libertà del distretto, monitorando anche i movimenti angolari.

Lo scopo del presente lavoro è la revisione della letteratura onde verificare la validità della valutazione del ROM con dispositivi di Realtà Virtuale (RV).

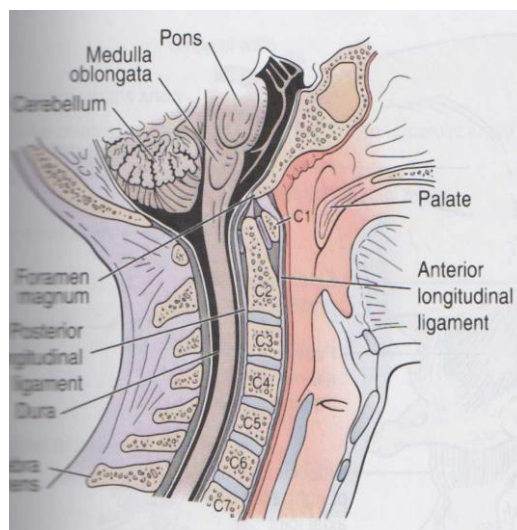
3. Cenni di Anatomia e Cinematica del Rachide Cervicale

Da un punto di vista anatomico, la colonna vertebrale cervicale è una complessa e compatta struttura anatomica di sette vertebre capace di grandi ampiezze e movimenti 3D. (3). Il RC è un'area nella quale la stabilità è condizione necessaria alla mobilità finalizzata all'orientamento dello sguardo nello spazio. Pur essendo esposto a continue sollecitazioni (essendo situato tra la solidità del cranio e la stabilità del tratto toracico) deve offrire protezione a strutture vitali (tronco encefalico, midollo spinale, arterie vertebrali). È inoltre in stretta relazione con gli organi sensoriali dell'udito, dell'equilibrio, della vista e dell'olfatto. È composto da 37 articolazioni distinte e svolge una media di 600 movimenti in un'ora.

Funzionalmente si riconosce una suddivisione in Rachide Cervicale Superiore (RCS) da C0 a C2 ed in Rachide Cervicale Inferiore (RCI) da C3 a C7 (14).



Fig. 1 – a) Vista postero-laterale del RC (14) ;



b) sezione sagittale schematica del RC (14)

Nell'articolazione Atlo-Occipitale (C0-C1) è rappresentata maggiormente la flessione-estensione (circa 15°-20°). La lateroflessione è di circa 10° e la rotazione è inesistente. C0 si muove assieme a C1 (atlante) ruotando su C2 (epistrofeo); (la rotazione tra C0-C1 è trascurabile, esaurita la prima inizia il movimento tra C1-C2). La rotazione avviene principalmente a livello di C1-C2 realizzando un ROM di circa 45°; l'asse di rotazione C1-C2 è localizzato a livello del dente di C2. La flessione-estensione è di circa 10° e la lateroflessione è di circa 5°.

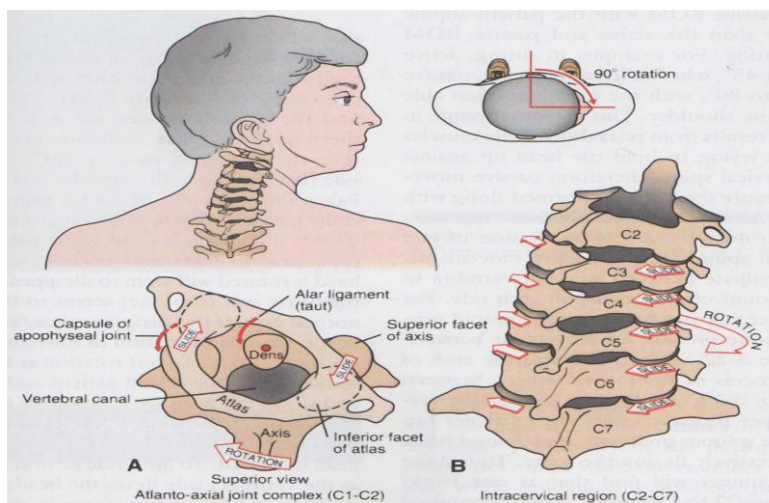


Fig. 2 – Rotazione del RC in generale e dell'articolazione atlo-epistrofica in particolare. (8)

La flesso-estensione e la rotazione assiale del rachide cervicale avvengono principalmente a livello C5-C6-C7.

Oltre ai singoli movimenti bisogna tenere presente dei movimenti combinati 3D del rachide cervicale.

Joint or Region	Flexion and Extension (Sagittal Plane, Degrees)	Axial Rotation (Horizontal Plane, Degrees)	Lateral Flexion (Frontal Plane, Degrees)
Atlanto-occipital joint	Flexion: 5 Extension: 10 Total: 15	Negligible	About 5
Atlanto-axial joint complex	Flexion: 5 Extension: 10 Total: 15	35-40	Negligible
Intracervical region (C2-C7)	Flexion: 35-40 Extension: 55-60 Total: 90-100	30-35	30-35
Total across craniocervical region	Flexion: 45-50 Extension: 75-80 Total: 120-130	65-75	35-40

Tab. 1 – Il ROM approssimativo nei tre piani di movimento per le articolazioni del RC (8)

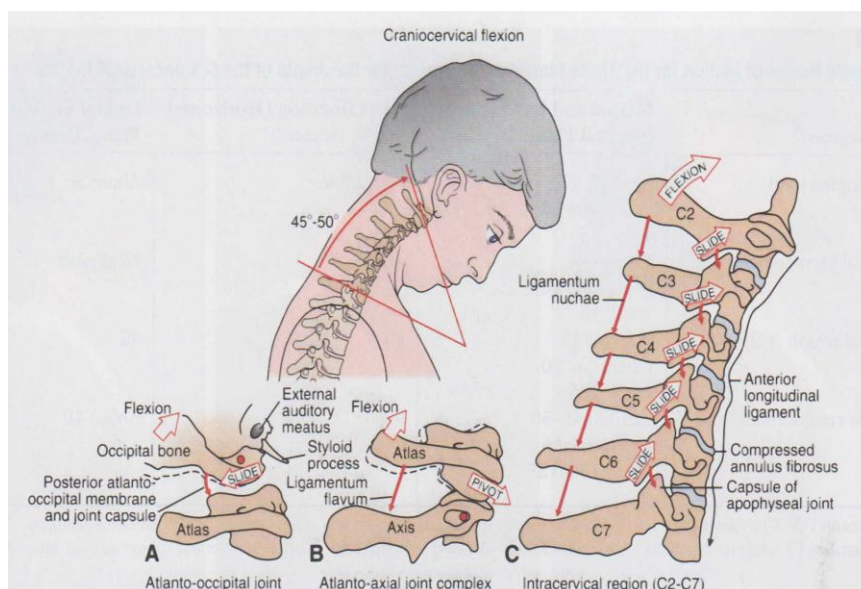


Fig. 3 – La flessione del RC ed il suo ROM (8)

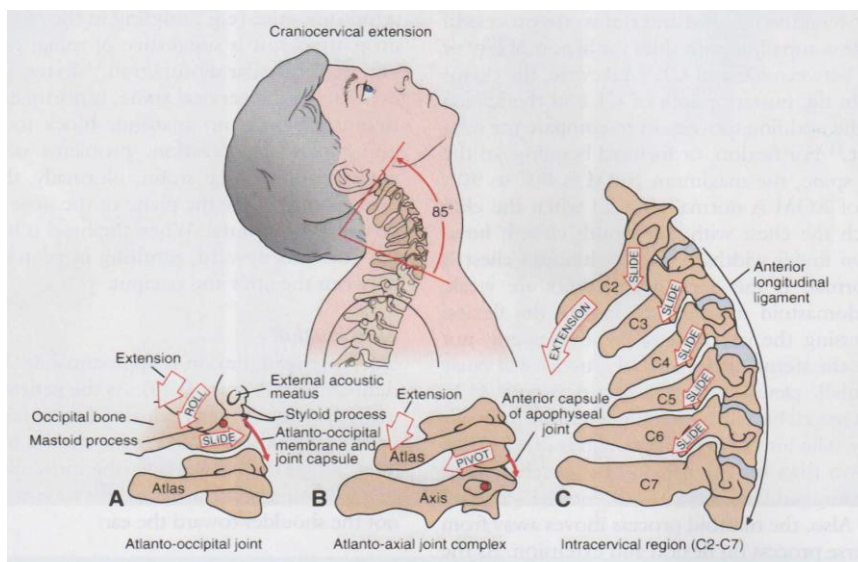


Fig. 4 – L'estensione del RC ed il suo ROM (8)

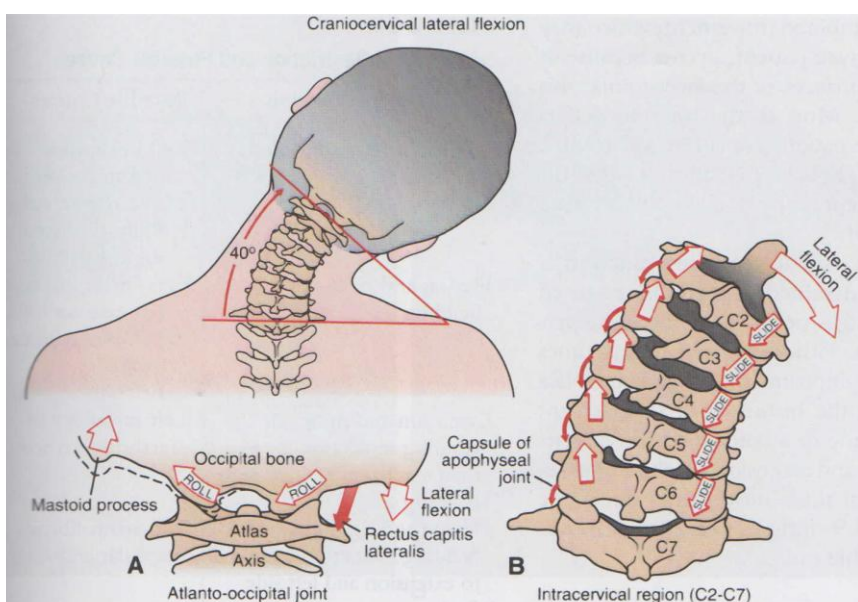


Fig. 5 – La lateroflessione del RC (8)

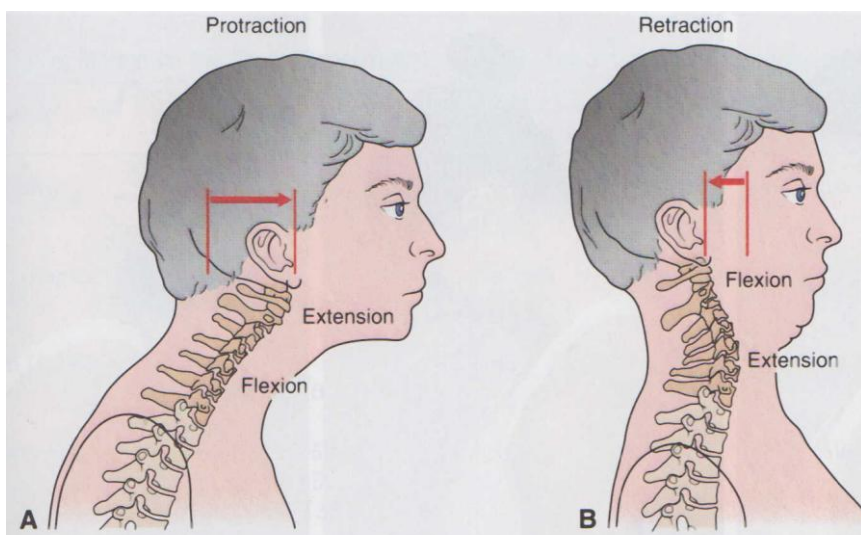


Fig. 6 – La protrazione e la retrazione (8)

4.1 Valutazione del ROM del Rachide Cervicale

L'analisi del movimento del RC, sia in vivo che in vitro, è stato oggetto di studio di molti autori. Vari strumenti di misura, più o meno sofisticati, e protocolli sono stati utilizzati per caratterizzare il ROM cervicale (3), riportando diverse tecniche di valutazione come i raggi X (radiografie dinamiche), la tomografia assiale computerizzata funzionale (fTAC), i goniometri ed inclinometri (digitali ed analogici), i dispositivi ad ultrasuoni. (4).

Sebbene vi sia una notevole quantità di elementi di prova per la validità e l'affidabilità dei diversi dispositivi di misura, non esiste uno gold-standard per la misura del ROM cervicale. (3).

In letteratura è presente un ristretto numero di studi sull'analisi in 3D del ROM del RC, con devices di motion tracking.

I dispositivi tecnologicamente più semplici, come i goniometri, sono facili da gestire e sono per lo più utilizzati nella pratica clinica, ma uno dei limiti maggiori, è l'isolamento del rachide cervicale durante la valutazione. I dispositivi tecnologicamente più complessi, per lo più utilizzati a scopo di ricerca, richiedono un'ampia formazione ed istruzione, software sofisticati, e di solito più tempo per il loro utilizzo. La valutazione può anche essere influenzata da fattori derivanti dalla modalità della procedura stessa quali la posizione e la postura del soggetti in esame, se il movimento è eseguito attivamente o passivamente, se il soggetto ha gli occhi aperti o chiusi, l'uso di stabilizzazione e l'isolamento del RC stesso. Ciascuno di questi fattori ha un'influenza importante nella valutazione del ROM.

4.1.1 Valutazione del ROM Cervicale tramite dispositivi di Motion Tracking

Vi sono degli studi che dimostrano l'efficacia dei dispositivi di Motion Tracking (MTD) per l'analisi 3D del movimento del RC (flesso-estensione, rotazione, flessione laterale) (1). Tali dispositivi vengono descritti in letteratura come metodi non invasivi, con buona tollerabilità da parte del soggetto in esame, e riproducibili con una buona affidabilità intra ed inter esaminatore. Dispositivi come il "Flock of Birds", FASTRACK, vengono definiti validi ed attendibili per la valutazione del RC. (5,7).

4.1.1 Valutazione del ROM del Rachide Cervicale con dispositivi Realtà Virtuale

La realtà virtuale (RV) è un'interfaccia utente-computer, altamente finalizzata, che comprende una simulazione in tempo reale e delle interazioni attraverso canali sensoriali multipli. Queste modalità sensoriali possono essere di tipo visivo, uditivo, tattile, olfattivo e gustativo (6). La RV comporta, oltre all'uso dell'computer, l'utilizzo delle periferiche multimediali, per produrre un ambiente simulato comparabile con lo scenario del mondo reale. In RV gli utenti interagiscono con immagini e suoni che stimolano risposte, i cui effetti possono essere restituiti come prestazioni eseguite (10). Negli ultimi dieci anni, le tecnologie di realtà virtuale sono emerse come validi strumenti per la valutazione clinica e di intervento (9,10).

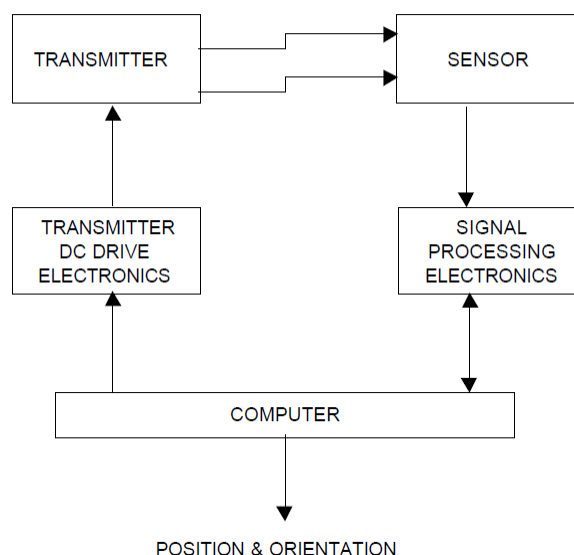


Fig. 7 – Schema riassuntivo del funzionamento dei sistemi di RV

Vista la capacità di tali devices di fornire in tempo reale la localizzare e l'orientamento (tramite sensori installati) delle parti del corpo d'interesse (5) e l'introduzione di tali metodiche per la valutazione del RC, sia in soggetti sani che patologici è un nuovo campo aperto nella fine della scorsa decade (11,12,13). si è deciso di effettuare una ricerca nella letteratura esistente disponibile, cercando di fare chiarezza in termini di validità ed efficacia di metodi di misurazione, basati su tecnologie di motion tracking e realtà virtuali.

5. Materiali e Metodi

La ricerca è stata effettuata attraverso il database Medline. Sono state incrociate diverse parole chiave (“cervical spine”, “assesment”, “range of motion”, “virtual enviroment”, “virtual reality”) utilizzando gli operatori booleani AND ed OR, generando successivamente la seguente stringa di ricerca:

("cervical vertebrae"[MeSH Terms] OR ("cervical"[All Fields] AND "vertebrae"[All Fields]) OR "cervical vertebrae"[All Fields] OR ("cervical"[All Fields] AND "spine"[All Fields]) OR "cervical spine"[All Fields]) AND virtual[All Fields]

È stata eseguita anche una ricerca di manuale su riviste non indicizzate.

Il titolo di ogni studio è stato revisionato per valutarne pertinenza allo scopo di questo elaborato. Gli abstracts di ogni studio, potenzialmente pertinenti, sono stati ulteriormente revisionati prima di ottenere la copia full text dell'articolo, per la seconda revisione. Dopo aver individuato gli articoli finali, sono stati ricercati anche gli articoli correlati di maggior pertinenza.

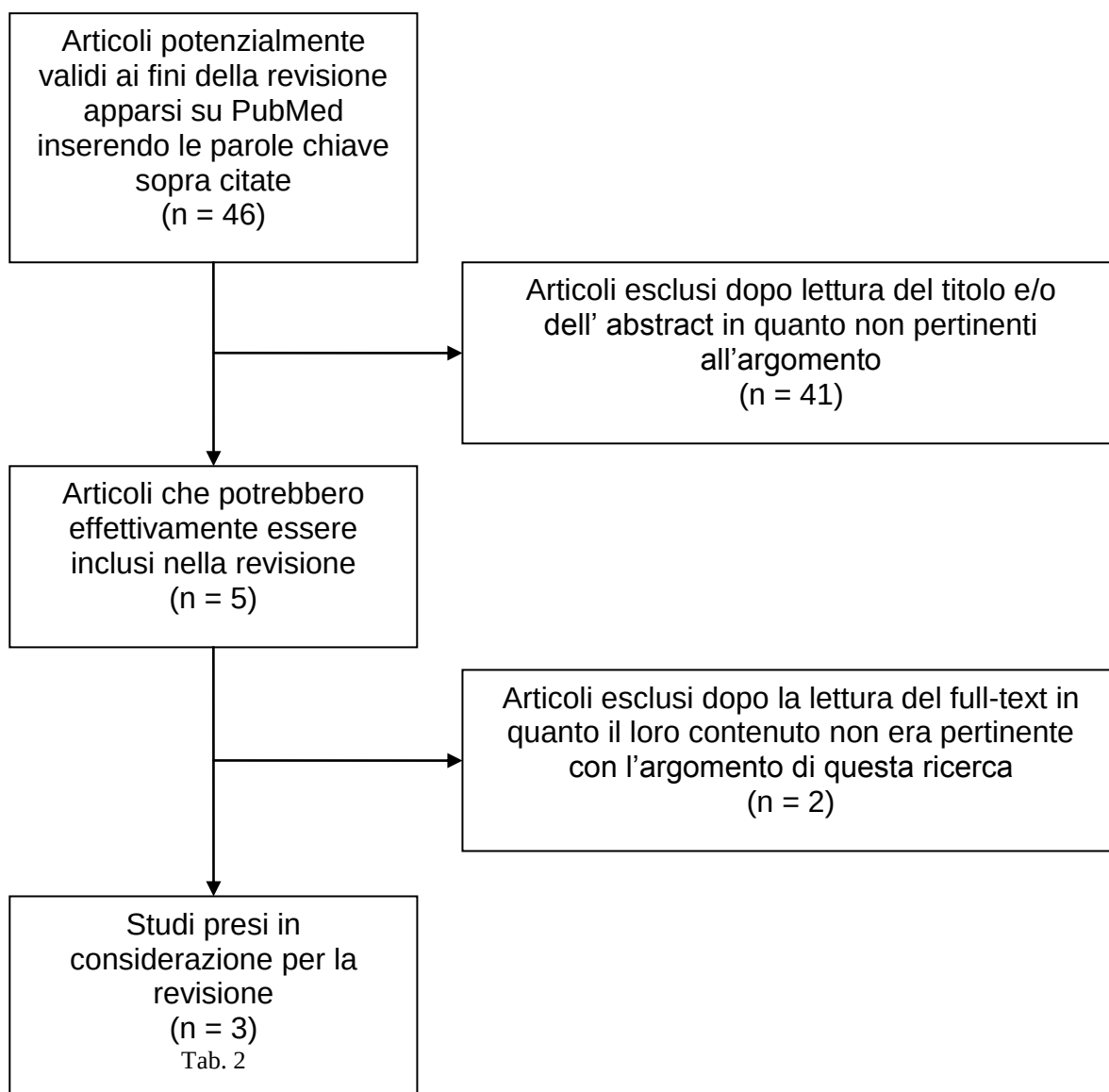
Il reperimento di questi è stato effettuato attraverso il servizio bibliotecario informatico: 1) dell'ateneo dell'Università degli Studi Genova e 2) dell'IRCCS Fondazione Ospedale San Camillo di Venezia.

I criteri di inclusione degli studi erano:

- articoli in lingua inglese o italiana;
- essere pertinenti al ROM del RC;
- dovevano indagare la validità dei dispositivi di RV in termini di riproducibilità ed affidabilità inter ed intra-esaminatore;
- disponibilità del full-text (free o tramite i servizi bibliotecari sovracitati).

6. Risultati

Diagramma di flusso dei risultati ottenuti dalla ricerca



Tab. 2

Autore, titolo dell'articolo ed anno	Rif. bibl.	Obiettivo dello Studio	Materiali e metodi	Risultati
Sarig-Bahat H et al. Cervical Motion Assessment Using Virtual Reality 2009	11	Introdurre una valutazione basata sulla VR per il ROM cervicale; per stabilire affidabilità inter e intraesaminatore della valutazione VR-based in confronto con la valutazione convenzionale in soggetti asintomatici; di valutare l'effetto di un VR singola sessione sul ROM cervicale.	La valutazione del ROM del RC utilizzando un nuovo sistema ad inseguimento elettromagnetico di uno scenario di gioco in VR visualizzato tramite un display montato sulla testa. 30 partecipanti asintomatici sono stati valutati con entrambi i metodi: convenzionali e VR-based. Sono state effettuate analisi di ripetibilità inter ed intra-tester. È stato valutati l'effetto sul ROM di una singola sessione con VR.	Entrambe le valutazioni hanno mostrato risultati non-biased tra sia test stessi che tra gli esaminatori ($p>0.1$), quindi non vi è differenza. Nella valutazione con RV a ciclo completo di ROM i coefficienti di ripetibilità oscillavano tra 15.0° e 29.2°, con valori più bassi per la rotazione. Un'unica sessione con VR si è dimostrata significativa per l'aumento del ROM, con il maggior effetto trovato nella rotazione.
Sarig-Bahat H et al. Neck pain assessment in a virtual environment 2010	12	Usare un metodo basato su un sistema di tracker in RV per confrontare il ROM cervicale (CROM) di individui che soffrono di dolore cronico al collo con il CROM di soggetti asintomatici; confrontare i risultati del sistema di RV con quelli ottenuti con la valutazione convenzionale; presentare il valore diagnostico delle misure del CROM ottenuti da entrambe le valutazioni; dimostrare l'effetto sul CROM di una sessione singola di RV.	Per misurare il CROM sono stati raccolti 25 soggetti sintomatici e 42 asintomatici; Sono state effettuate valutazioni con RV e convenzionali. L'analisi della varianza è stata utilizzata per determinare le differenze tra i gruppi e tra i metodi di valutazione. Analisi di regressione logistica, utilizzando un singolo predittore, rispetto la capacità diagnostica di entrambi i metodi.	I risultati ottenuti con entrambi i metodi hanno dimostrato limitazioni del CROM significative nel gruppo sintomatico. Le misurazione con RV ha mostrato una maggiore sensibilità mentre le misure convenzionali hanno mostrato una maggiore specificità. Una esposizione singola sessione di VR portato ad un aumento significativo CROM.

Sarig-Bahat H et al. The Effect of Neck Pain on Cervical Kinematics, as Assessed in a Virtual Environment. 2010	13	Confrontare la cinematica cervicale durante il movimento funzionale in pazienti con dolore al collo e in soggetti asintomatici con una valutazione tramite un nuovo dispositivo di realtà virtuale.	25 pazienti con neck pain cronico e 45 soggetti asintomatici. La misurazione della cinematica (tempo di risposta, picco e media della velocità, numero di picchi di velocità, il tempo per il picco percentuale di velocità) sono stati inclusi nel campione, mentre i partecipanti erano impegnati nel gioco virtuale. Il gruppo e le differenze di direzione di movimento sono state valutate con un'analisi di varianza a 2 vie: test Tukey-Kramer, e l'analisi di contrasto ove fosse il caso.	I partecipanti con dolore cervicale avevano picco e velocità media più bassa rispetto ai partecipanti asintomatici ($p<0.0001$); avevano maggior numero di picchi di velocità, indicando una ridotta fluidità di movimento ($p<0.0036$). Non c'è stata differenza significativa tra i gruppi per il tempo di risposta o per il tempo di picco di velocità percentuale. Le rotazioni del collo sono state significativamente più fluide e veloci dei movimenti di flessione più e di estensione ($p<0.05$). La percentuale globale di compromissione della velocità e fluidità del movimento cervicale, in pazienti con dolore al collo variava dal 22% al 44% rispetto ai partecipanti asintomatici.
---	----	--	---	---

Nel primo studio “Cervical Motion Assesment Using Virtual Reality” l’autrice mette in evidenza la differenza dei ROM tra il metodo convenzionale ed il metodo VR-based. Nelle figure 8 e 9 possiamo notare i risultati dello studio in questione (11).

Assessment Method	Movement Direction	Day 1		Day 2 Tester 1	Intertester ($r_{95\%}$)	Intratester ($r_{95\%}$)
		Tester 2	Tester 1			
Conventional	F + E	139.1 (14.0)	141.4 (14.4)	144.4 (17.5)	24.3	29.2
	RR + LR	148.1 (14.4)	150.4 (12.2)	146.4 (14.9)	19.9	22.5
Virtual Reality	F + E	145.3 (11.8)	146.2 (13.8)	148.3 (15.1)	21.2	22.6
	RR + LR	164.4 (12.6)	166.5 (16.2)	163.9 (16.3)	15.0	17.0

$r_{95\%}$ indicates repeatability within 95% limits of agreement; F + E, full cycle flexion-extension; RR + LR, full cycle right and left rotation.

Fig. 8 – Media (Deviazione Standard) per una completa flesso-estensione, ROM di rotazione (in°), ripetibilità inter ed intra-esaminatore.

Movement Direction	Day 1		Day 2 Tester 1	Intertester ($r_{95\%}$)	Intratester ($r_{95\%}$)
	Tester 2	Tester 1			
F	69.3 (8.4)	69.1 (9.9)	72.0 (10.9)	21.1	25.3
E	70.0 (11.4)	72.5 (10.8)	72.0 (13.0)	17.9	19.5
RR	76.1 (8.8)	77.9 (8.6)	75.5 (7.5)	18.0	16.9
LR	72.0 (7.1)	72.6 (7.1)	71.2 (8.5)	12.0	14.8
RLF	52.9 (10.3)	51.2 (10.7)	51.5 (10.2)	9.9	14.7
LLF	36.5 (11.7)	40.9 (10.9)	41.9 (11.1)	27.3	26.2

$r_{95\%}$ indicates repeatability within 95% limits of agreement; F, flexion; E, extension; RR, right rotation; LR, left rotation; RLF, right lateral flexion; LLD, left lateral flexion.

Fig. 9 – Media (Deviazione Standard) per mezzo-ciclo di ROM (in°) e la ripetibilità inter ed intra-esaminatore per la valutazione convenzionale.

Nello studio 2 invece “Neck Pain Neck pain assessment in a virtual environment” si notano le differenze tra le due popolazioni valutate. Nella figura 9 vengono mostrati i grafici ottenuti per vari parametri presi in considerazione (12).

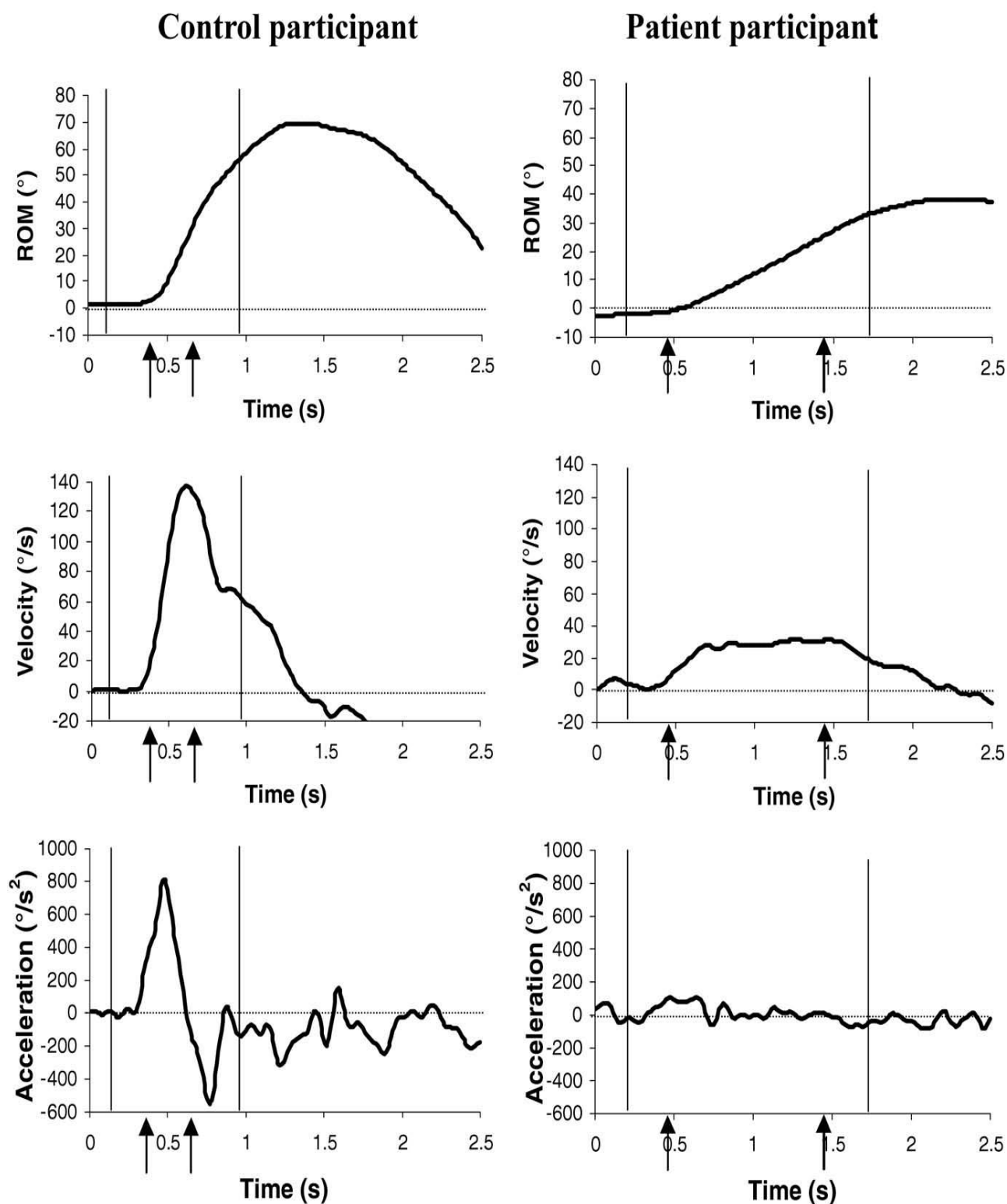


Fig. 9 – Spostamento angolare (sopra), velocità (in mezzo), ed accelerazione (in basso) per il gruppo di controllo (sinistra) e per i pazienti con dolore cervicale (destra) durante il movimento verso un obiettivo elicitando la rotazione destra. La prima e la seconda linea verticale indicano l'apparizione del bersaglio ed il raggiungimento del bersaglio, rispettivamente. La prima freccia indica l'inizio del movimento e la seconda il picco di velocità.

Nello studio 3 “The Effect of Neck Pain on Cervical Kinematics, as Assessed in a Virtual Environment” si possono notare, come esposto nella figura 10 (tabella ottenuta dai risultati dello studio), differenze dell'ampiezza del movimento in° (13).

Motion/Stage	Control Group (n = 42)			Symptomatic Group (n = 25)		
	Conv1	VR	Conv2	Conv1	VR	Conv2
Flexion	58.4 ± 11.5	56.0 ± 11.8	63.7 ± 11.2	46.1 ± 16.4	67.6 ± 11.8	58.2 ± 14.5
Extension	44.3 ± 10.9	70.8 ± 13.1	47.2 ± 12.4	43.1 ± 15.0	67.0 ± 11.5	45.0 ± 14.7
Flexion + extension	102.7 ± 15.7	126.8 ± 16.1	110.9 ± 14.1	89.2 ± 25.2	111.4 ± 22.8	103.1 ± 24.0
Right rotation	66.3 ± 7.5	75.7 ± 6.5	68.9 ± 7.8	57.5 ± 12.5	50.0 ± 10.5	60.3 ± 11.2
Left rotation	66.7 ± 6.6	78.3 ± 6.9	69.1 ± 7.5	59.2 ± 11.0	61.4 ± 15.3	62.8 ± 10.5
Right + left rotation	133.1 ± 12.3	154.0 ± 11.8	138.0 ± 11.5	116.7 ± 21.1	134.6 ± 22.0	123.1 ± 19.9

Conv1 indicates first conventional assessment; VR, assessment in the virtual environment; Conv2, sec conventional assessment.

Fig. 10 – Il ROM e la Deviazione Standard in ogni fase (in°), per gruppo

7. Discussione

Questo lavoro aveva come scopo la validazione dell'introduzione dei sistemi di RV per la valutazione del ROM del RC. I risultati ottenuti negli studi revisionati (11,12,13) mostrano che le valutazioni del RC con strumenti RV-based hanno una validità significativa in termini di specificità ed affidabilità inter ed intra-esaminatore. Sicuramente in letteratura c'è poco materiale e sono carenti gli studi di un'alta gerarchia metodologica, come altri Cross Sectional Trials o le Systematic Review e le Metanalisi. Servirebbe ulteriore ricerca per la validazione definitiva di tali sistemi. Tuttavia, dai lavori disponibili presenti sembra che i dispositivi di RV siano un valido strumento di valutazione per il distretto in esame.

8. Conclusioni

I metodi di valutazione del ROM funzionale del RC con RV forniscono valide informazioni e possono essere utilizzati per la valutazione del ROM del RC. La valutazione con RV ha una maggiore sensibilità rispetto valutazione convenzionale nella valutazione della limitazione del ROM in soggetti con neck pain, e può essere utilizzata per l'individuazione dei soggetti sintomatici veri. L'affidabilità inter ed intra-esaminatore è stata sostenuta sia per il metodo RV-based e sia per il metodo convenzionale. I risultati suggeriscono una migliore ripetibilità per il metodo RV, per la valutazione della rotazione che si è dimostrata più precisa della valutazione della flessione/estensione. Una singola sessione con RV si è dimostrata efficace per l'aumento del ROM del collo; probabilmente

a causa del suo effetto motivante. Tali procedure valutative sembrano essere valide per la valutazione del RC (11,12'13). Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per stabilire un gold-standard per i valori normativi e di individuare uno strumento che sia affidabile per tutti i movimenti del RC (3).

9. Key Points

- L'introduzione di un metodo innovativo utilizzando dispositivi elettromagnetici basato sulla RV per il monitoraggio e la valutazione dei movimenti del collo in condizioni di simili alle funzioni della vita quotidiana.
- Vi è affidabilità inter ed intra-esaminatore per sia il metodo di valutazione VR-based che per il metodo convenzionale.
- La valutazione RV-based si è dimostrata più precisa rispetto alla valutazione convenzionale.
- Una singola sessione RV è risultata essere efficace per incremento del ROM collo, sia nei soggetti sintomatici che in quelli asintomatici, specialmente nella direzione della rotazione.
- La misurazione RV-based, si è mostrata più accurata ed affidabile rispetto alle tradizionali misurazioni; La sensibilità, di tali devices ci fornisce raccomandazioni per l'utilizzo al fine di identificare individui con una vera compromissione del ROM cervicale.
- Le misure convenzionali hanno mostrato maggiore specificità rispetto alla metodica RV-based.

10. Bibliografia

1. Assik N., Bergman G.J.D., Knoester B., et al Assessment of the cervical range of motion over time, differences between results of the Flock of Birds and the EDI-320: A comparison between an electromagnetic tracking system and an electronic inclinometer. *Manual Therapy* 13 (2008) 450–455
2. Bogduk N., Mercer S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon) 2000;15(9): 633–48.
3. Chen J., Solinger A.B., Poncet J.F., Lantz C.A. Meta-analysis of normative cervical motion. *Spine* (Phila Pa 1976). 1999 1;24(15):1571-8.
4. Gelalis I.D., DeFrate LE., Stafilas K.S., Pakos E.E., Kang J.D., Gilbertson L.G. Three-dimensional analysis of cervical spine motion: reliability of a computer assisted magnetic tracking device compared to inclinometer. *Eur Spine J.* 2009 Feb;18(2):276-8.
5. Jordan K., Dziedzic K., Jones P.W., Ong B.N., Dawes P.T. The reliability of the three-dimensional FASTRAK measurement system in measuring cervical spine and shoulder range of motion in healthy subjects. *Rheumatology* (Oxford). 2000;39(4):382-8.
6. Kiper P., Turolla A., Piron L., Agostini M., Baba A., Rossi S., Tonin P. Virtual reality for stroke rehabilitation: assessment, training and the effect of virtual therapy. *Medical Rehabilitation* 2010; 14(2): 23-32.
7. Koerhuis C.L., Winters J.C., van der Helm F.C., Hof A.L. Neck mobility measurement by means of the 'Flock of Birds' electromagnetic tracking system. *Clin Biomech* (Bristol, Avon). 2003;18(1):14-8.
8. Newman Donald A. *Kinesiology of the Musculoscheletrical System, Foundations for Rehabilitation*, Second Edition; MOSBY – Elsevier 2010: Chapter 9.
9. Rizzo A., Kim G.J. A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*. 2005;14,(2),119-146, 1054-7460.

10. Riva G. et al. Virtual Environments in the Diagnosis, Prevention, and Intervention of Age-Related Diseases: A Review of VR Scenarios Proposed in the EC VETERAN Project. *Cyberpsychol Behav* 1999; 2, (6), 577-591.
11. Sarig-Bahat H, Weiss PL, Laufer Y. Cervical motion assessment using virtual reality. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009; 1;34(10):1018-24.
12. Sarig-Bahat H, Weiss PL, Laufer Y. Neck pain assessment in a virtual environment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 15;35(4):105-12.
13. Sarig-Bahat H., Weiss P.L., Laufer Y. The Effect of Neck Pain on Cervical Kinematics, as Assessed in a Virtual Environment. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1884-90.
14. Zimoli A., Barbero M. et al. VIII Seminario di Terapia Manuale. Master RDM 09-10 Università degli Studi di Genova – Campus di Savona.