



***MOBILIZZAZIONE DEL TRATTO  
CERVICALE SUPERIORE, DUE  
TECNICHE A CONFRONTO:  
FISSAZIONE MANUALE O  
LOCKING?***

**GIORGIO PASSEGGI**

relatore M. GRASSO

**MASTER IN RIABILITAZIONE DEI  
DISORDINI MUSCOLO-SCHELETRICI  
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA  
FACOLTA' DI MEDICINA E  
CHIRURGIA A.A. 2007-2008**



## **INDICE**

<b>Abstract</b> .....	pag.3
<b>Introduzione</b> .....	pag.4
<b>Materiali e metodi</b> .....	pag.6
<b>Risultati</b> .....	pag.10
<b>Discussione</b> .....	pag.14
<b>Conclusioni</b> .....	pag.17
<b>Bibliografia</b> .....	pag.19
<b>Ringraziamenti</b> .....	pag.21

**Background:** Gli studi che trattano l'argomento specifico presentato nell'elaborato sono molto pochi, con la possibilità di presentarli in modo più dettagliato di quanto permetta una revisione classica della letteratura.

**Introduzione:** Le tecniche di mobilizzazione segmentale della colonna vengono usate per limitare gli effetti dell'intervento ad un solo segmento spinale. Il movimento segmentale del rachide cervicale è stato studiato in precedenza applicando momenti di forza su preparati da cadavere. Gli aspetti cinematici 3D dei movimenti accoppiati durante la mobilizzazione manuale del rachide cervicale superiore e la loro riproducibilità sono stati oggetto di recenti studi, dei quali si presenta una revisione esplicativa.

**Metodi:** Recenti studi hanno analizzato gli aspetti 3D della flessione-estensione, rotazione ed inclinazione laterale del rachide cervicale superiore in vitro, mediante l'uso di un dispositivo tracciante elettromagnetico. I dati cinematici sono stati raccolti grazie ad un sistema di coordinate riferiti a punti di repere osseo e trasmesse da traccianti digitali fissati alle ossa, nonché da un dispositivo tracciante ad ultrasuoni (Zebris CMS20). Sono stati analizzati 26 campioni spinali -25 conservati e 1 fresco- e presi in esame i movimenti segmentali delle articolazioni atlanto-occipitale ed atlanto-epistrofea durante la mobilizzazione regionale e segmentale -con fissazione manuale e in locking del RCI. Per la riproducibilità degli aspetti cinematici 3D dei movimenti accoppiati sono stati considerati diversi parametri, tra cui il ROM delle 3 componenti di movimento, il cross-correlation, il ratio e lo shift.

**Risultati:** dagli studi emerge che durante la mobilizzazione in flessione-estensione con fissazione manuale è stata osservata una notevole riduzione delle componenti accoppiate di rotazione e flessione laterale, senza riduzione di movimento in flessione-estensione. La mobilizzazione in locking non influisce invece sul movimento della mobilizzazione sul segmento atlanto-occipitale, ma limita tutte le componenti dell' articolazione atlanto-epistrofea. Durante la mobilizzazione segmentale in rotazione di entrambe le modalità, si è osservata una riduzione significativa dell'inclinazione e della flessione-estensione accoppiata, ma la tecnica in locking induce anche un aumento della rotazione. Durante la mobilizzazione in inclinazione dell'articolazione atlanto-epistrofea, la fissazione manuale riduce gli effetti della componente flessione-estensoria accoppiata. La riproducibilità intra-esaminatore è più forte di quella inter-esaminatore. Il ROM della rotazione offre un livello di riproducibilità sostanziale (ICC's 0.67-0.76). I parametri che descrivono i pattern di accoppiamento mostrano un livello di riproducibilità da moderato a sostanziale (ICC's 0.55-0.68).

**Conclusioni:** i risultati degli studi revisionati suggeriscono che, durante la mobilizzazione segmentale del tratto cervicale superiore, la scelta di una tecnica con fissazione manuale piuttosto che in locking dipenda dagli effetti che si vanno a ricercare al momento dell'esecuzione.

La riproducibilità degli aspetti artrocinematici della mobilizzazione segmentale del rachide cervicale superiore può cambiare tra i diversi esaminatori, aumentando in modo proporzionale con l'esperienza e la familiarità all'esecuzione di ogni tecnica specifica.

Parole chiave: r. cervicale superiore, inferiore; flessione-estensione; rotazione; inclinazione; mobilizzazione manuale segmentale; movimento accoppiato; fissazione manuale; locking; riproducibilità.

---

## Introduzione

In terapia manuale, la mobilizzazione segmentale del rachide ha lo scopo di limitare gli effetti dell'intervento ad un solo specifico segmento articolare. Non si conosce però se, nè quanto, questa limitazione possa essere realizzata. Nello studio delle tecniche di mobilizzazione manuale del tratto cervicale superiore è particolarmente importante porre l'attenzione sui possibili rischi e sulle conseguenze da esse derivanti. Infatti, nonostante sia le mobilizzazioni regionali che quelle segmentali vengano generalmente intese come uniplanari, in effetti esistono aspetti 3D del movimento che vengono descritti in termini di accoppiamento tra differenti componenti motorie. Normalmente il pattern di accoppiamento del tratto cervicale superiore durante la rotazione assiale viene definito controlaterale, ma esistono movimenti accoppiati ed associati anche durante le mobilizzazioni uniplanari in flessione-estensione ed inclinazione laterale.

Tabella 1 (E. Cattrysse et al., 2007)

Arco di movimento in gradi nella flessione-estensione delle art. atlanto-occipitale ed atlanto-epistrofea, come riportate in letteratura

	Metodo	C0-C1	C1-C2
Werne (1957)		3.4°	10°
Fielding (1957)	Cineroenterogenography	35°	15°
Penning (1978)	CT	30°	30°
Worth (1985)	In vitro—radiographic	18.4°	14.1°
Dvorak et al. (1988)	Radiographic	/	12°
Panjabi et al. (1988)	In vitro—stereophotogrammetry	24.5°	22.4°
Dhimitri et al. (1998)	In vivo—CROM	4.0°	11.2°
Ordway et al. (1999)	In vivo—radiographic	26°	1°
Amiri et al. (2003)	In vivo—Fastrak (electromagnetic tracking device)		38.35°

La maggior parte degli studi sulla regione cervicale (tab. 1) sono basati su metodi di analisi cinematica bidimensionale del movimento (Panjabi et al., 1975; Penning and Wilmink, 1987; Panjabi, 1997; Hino et al., 1999).

Altri lavori sugli aspetti cinematici delle mobilizzazioni del tratto cervicale (Triano and Schultz, 1994; Feipel et al., 2000; Klein et al., 2003) si focalizzano sulla mobilità globale durante tecniche manipolative ad alta velocità. In letteratura troviamo dati discordanti sull'arco di movimento (ROM) del rachide cervicale anche per quanto riguarda la rotazione e l'inclinazione laterale (Penning, 1978; Dvorak et al., 1992; Walmsley et al., 1996; McClure et al., 1998; Chen et al., 1999; Lantz et al., 1999; Castro et al., 2000; Mannion et al., 2000; Ferrario et al., 2002; Sforza et al., 2002; Lantz et al., 2003), generalmente con risultati di mobilità passiva maggiore di quella attiva.

Esistono studi più recenti, focalizzati sui pattern di accoppiamento motorio nei movimenti regionali 3D del rachide cervicale (Harrison et al., 1998; Van Roy et al., 2001; Koerhuis et al., 2003).

Amiri et al. (2003) hanno descritto il movimento accoppiato di flessione laterale e rotazione assiale, osservati durante il test attivo di flessione-estensione del rachide cervicale superiore, rilevando una flessione laterale sinistra ( $1.6 \pm 1.1$ ) accoppiata

con una rotazione destra ( $2.5^{\circ} \pm 1.2^{\circ}$ ), durante la flessione di C0-C2 ed una flessione laterale destra ( $1.6^{\circ} \pm 1.4^{\circ}$ ) accoppiata ad una rotazione sinistra ( $3.1^{\circ} \pm 3.9^{\circ}$ ), durante l'estensione.

Chen et al.(1999) hanno rilevato un ROM di  $151^{\circ} \pm 23^{\circ}$  per la rotazione regionale attiva e di  $174^{\circ} \pm 18^{\circ}$  per quella passiva; per quanto riguarda l'inclinazione laterale vengono riportati valori di ROM attivo pari a  $86^{\circ} \pm 5^{\circ}$  e di ROM passivo pari a  $109^{\circ} \pm 5^{\circ}$ , con riferimento ad un graduale decremento dell'articolari  con l'avanzare dell'et . Questa ricerca in particolare enfatizza l'importanza delle procedure cliniche rispetto all'accuratezza e la precisione della tecnologia con cui i dati vengono registrati.

Altri studi ancora (Penning, 1978; Penning and Wilmink, 1987; Panjabi et al., 1988; Van Roy et al., 1997; Van Roy et al., 2001; Amiri et al., 2003; Ishii et al.,2004) attribuiscono la maggior parte della rotazione all'articolazione atlanto-epistrofea, tralasciando precise informazioni sulla rotazione atlanto-occipitale.(Tab. 2)

Tab. 2. ROM segmentale del tratto cervicale superiore Cattrysse et al (2007)

	Metodo di analisi	Mobilit�	Rotazione	Inclinazione lat.
Penning (1978)	Planar X-rays	Attiva	C0-C1: $0^{\circ}$ C1-C2: $70^{\circ}$	C0-C2: $10^{\circ}$
Panjabi et al. (1988)	Letteratura	Attiva e Passiva	C0-C1 unilat: $0-5.2^{\circ}$ C1-C2 unilat : $14.5-70^{\circ}$ C0-C1 unilat: $7.2^{\circ}$ C1-C2 unilat: $38.9^{\circ}$	C0-C1 unilat: $8-40^{\circ}$ C1-C2 unilat : $0-10^{\circ}$ C0-C1 unilat: $5.5^{\circ}$ C1-C2 unilat: $6.7^{\circ}$
Amiri et al. (2003)	Stereophotogrammetria in vitro	Passiva	C0-C2: $83.9-84.2^{\circ}$	
Ishii et al (2004)	Disp. tracciante elettromagn. in vivo 3D MRI in vivo	Attiva Attiva	C0-C1: $1.7 \pm 1.5^{\circ}$ C1-C2: $36.2 \pm 4.5^{\circ}$	C0-C1: $1.6-5.7^{\circ}$ C1-C1: $1.6-5.7^{\circ}$

Cattrysse et al.,(2007) per la prima volta analizzano e registrano tutte le componenti cinematiche 3D della mobilizzazione manuale dei principali movimenti uniplanari del tratto cervicale superiore, con l'ausilio di un collaudato metodo di analisi che combina un sistema tracciante elettromagnetico con un digitalizzatore 3D (Cattrysse et al., 2005d).

La riproducibilit  dell'esame clinico e della mobilizzazione manuale   tema di discussione, con evidenze piuttosto sparse, ma l'individuazione di un segmento disfunzionale sembra essere raggiungibile con una buona concordanza tra ripetute misurazioni e tra diversi esaminatori. L'analisi 3D delle forze applicate durante l'esame manuale segmentale in postero-anteriore mostra un'alta attendibilit  intra-esaminatore (ICC=0.71-0.93), ma bassa attendibilit  inter-esaminatore (ICC=0.10-0.31) (Snodgrass et al.,2007). Alcuni autori hanno trovato grande variabilit  nelle valutazioni della mobilit  intervertebrale cervicale fra due esaminatori (De Hertogh et al.,2007). Molte tecniche di ricerca per l'analisi cinematica 3D hanno mostrato una riproducibilit  da adeguata a buona, tuttavia i metodi seguiti negli studi precedenti non sembrano offrire l'opportunit  di investigare in vivo direttamente la cinematica dei segmenti presi in esame durante la mobilizzazione manuale.

Cattrysse et al.(2009) combinano invece l'efficacia di un adeguato sistema analitico 3D, con la possibilit  di compiere una registrazione continua dei movimenti, in un contesto test-retest con 2 esaminatori, mediante l'uso di un dispositivo a ultrasuoni.

## **MATERIALI**

### *Campioni*

Catrysse et al (2007,2009) negli studi effettuati hanno utilizzato sei campioni da cadavere - cinque conservati e uno fresco-, e 10 campioni conservati. Ogni campione consisteva nel cranio e rachide cervicale fino alla prima vertebra toracica (T2 nel 2009); l'esatta età di ogni campione non è databile ma tutti erano oltre i 50 anni; la temperatura della stanza era regolata tra i 15° e i 20°, e l'umidità dell' ambiente era oltre il 60%, per prevenire la disidratazione dei campioni durante la procedura di sperimentazione.

### *Strumenti*

Catrysse et al (2007, 2009) hanno utilizzato un sistema elettromagnetico "Flock of Birds" (Ascension technologies Corporation, USA), la cui accuratezza è stata dimostrata da diversi accreditati autori (Milne et al., 1996; Bull and Amis, 1997; Meskers et al., 1999; Mc Quade et al.,2002; La Scalza et al.,2003)

Il tracciante digitale (The Microscribe™ G2X, Immersion Corporation, USA) ha offerto la possibilità di registrare le immagini 3D di un oggetto, con l'obiettivo di ricostruirlo in termini digitali o di funzione matematica. Il modello ha un'accuratezza di 0.23mm (0.009") con un'area di lavoro di 1.27m (50"). I risultati cinematici venivano quindi associati ai riferimenti ossei della struttura, riferita al segmento osseo del rachide cervicale superiore. È stato dimostrato mediante l'uso di un pantografo a due cardini una discrepanza tra l'asse reale di movimento e il sistema di riferimento locale. Ciò può accadere nella misura del 9% del movimento primario. Comunque, le rotazioni accoppiate prese in analisi superano largamente questa percentuale, per cui i movimenti accoppiati vengono indicati con una buona accuratezza.

I dati cinematici sono stati calcolati usando il software matematico "Mathcad Professional" e analizzati statisticamente con ripetute ANOVA e Student t-test per la rilevanza ( $P < 0.05$ ).

Nello studio del 2009, è stato adattato uno Zebris CMS20 (Zebris Medical GmbH-Germania), dispositivo a ultrasuoni per l'analisi del movimento, la cui accuratezza è stata testata con un pantografo mono cardine. Il sistema riproduce angoli di movimento con un'accuratezza  $< 0.1^\circ$  per il movimento principale e di  $0.2^\circ$  per i movimenti accoppiati (Catrysse et al.,2009).

## **METODI**

### *Procedure*

Usando uno speciale fissatore in plastica dura, sono stati predisposti 3 sensori al cranio, all'atlante e all'epistrofeo dei campioni utilizzati, che erano stati precedentemente dissezionati da tutti i tessuti muscolari, mantenendo intatti capsule

articolari, tendini e legamenti. Tali fissatori sono stati progettati per essere avvitati nell'osso in modo da tenere il sensore bloccato senza limitazioni per l'arco di movimento articolare.

Lo stesso tipo di fissatore per sensori era già stato usato in precedenti studi artrocinematici sulla spalla e sull'articolazione del gomito (Baeyens et al.2005, Cattrysse et al. 2005d).

I campioni sono stati bloccati su un'impalcatura in legno tramite due viti metalliche non ferromagnetiche, avvitate attraverso il corpo vertebrale della prima vertebra toracica. Questo metodo è stato ideato per mantenere il corretto arco articolare dei segmenti dei campioni, che in prima fase sono stati mobilizzati manualmente con presa all'occipite per tutto l'arco di movimento di flesso-estensione. Successivamente, sono state eseguite due differenti tecniche di mobilizzazione segmentale sul livello C0-C1: la prima con fissazione manuale su C2, la seconda con locking 3D del rachide cervicale inferiore e medio fino a C1-C2.

Il terapeuta ha fissato manualmente l'arco posteriore dell'epistrofeo mentre mobilizzava il cranio in flesso-estensione (foto1). Nella tecnica in locking è stato portato il rachide cervicale medio ed inferiore in una posizione end-range 3D, combinando flessione, inclinazione laterale e rotazione controlaterale fino al segmento C1-C2, prima di eseguire la mobilizzazione dell'articolazione atlanto-occipitale (foto 2).



Foto 1 Master RDM, Savona ©

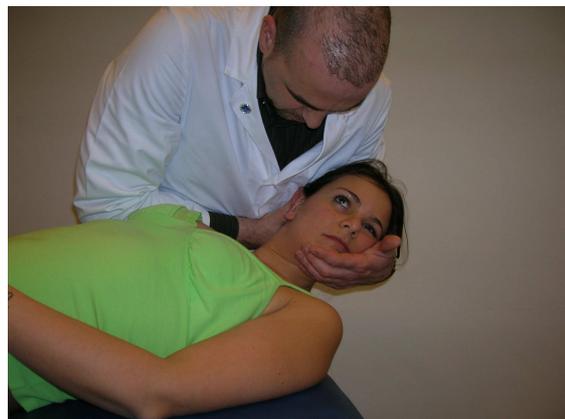


Foto 2 Master RDM, Savona ©

In seconda battuta sono state effettuate due nuove mobilizzazioni regionali in rotazione ed in flessione laterale, seguite da quelle segmentali: con fissazione manuale di C2 prima ed in locking del tratto cervicale inferiore poi, in modo da ridurre il più possibile i movimenti dei segmenti sottostanti.

Durante le mobilizzazioni, la posizione e l'orientamento di ogni sensore è stato salvato; successivamente, grazie all'uso della testina tracciante 3D, sono state digitalizzate le coordinate dei punti di riferimento anatomici; tale digitalizzazione è stata ripetuta finché il margine di errore è risultato inferiore a 1,25mm (0.05in); le misurazioni sono state riprese finché il risultato di due misurazioni consecutive non è stato all'interno di questo limite. Simultaneamente alla mobilizzazione regionale e

segmentale dell'articolazione atlanto-occipitale, sono stati osservati ed analizzati anche i movimenti del segmento atlanto-epistrofeo.

In questi studi sono stati ripetuti un massimo di tre cicli manipolativi in cui i campioni venivano mobilizzati manualmente attraverso tutto il proprio arco di movimento, senza aggiungere alcuna trazione, per simulare il tono articolare basale. Per ricreare la situazione clinica ideale con paziente supino, tutto il sistema è stato posto orizzontalmente.

Nello studio sulla riproducibilità invece due esperti esaminatori hanno eseguito le tecniche in un contesto test-retest, con un ordine casuale, inconsapevoli dei parametri analizzati durante le varie mobilizzazioni.

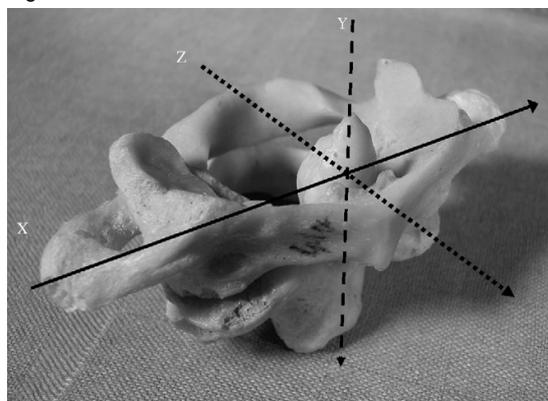
L'esperienza del primo esaminatore nell'esecuzione delle tecniche specifiche era superiore a quella del secondo, abituato a mobilizzazioni non perfettamente identiche.

Entrambi hanno eseguito una prova con feedback del sistema di rilevamento dati per familiarizzare al meglio con le tecniche ed il contesto del test.

#### *Calcolo del "finite helical axis" (FHA).*

La posizione vettoriale e la matrice di rotazione di ogni sensore è stato registrato tramite il FOB-system. Mediante l'uso dell'algoritmo Spoor and Veldpaus (Spoor and Veldpaus, 1980), è stato calcolato il "finite helical axis" (FHA); questo può essere descritto come un asse momentaneo nello spazio, attorno al quale ruota un oggetto che contemporaneamente trasla lungo lo stesso asse. L'FHA è definito dalla sua posizione nello spazio (vettore di posizione), dal suo orientamento (vettore di orientamento), dalla rotazione intorno all'asse (vettore angolare) e dalla traslazione lungo l'asse (shift) (Woltring et al., 1985). I movimenti associati ed accoppiati analizzati, sono quindi riferibili a questo asse, diversamente dall'uso convenzionale che si attribuisce al significato dei termini "rotazione assiale", "flesso-estensione" ed "inclinazione laterale".

Fig. 1



#### *Costruzione del sistema di coordinate dei punti di repere osseo*

Sono stati utilizzati punti di riferimento anatomici come sistema generale per l'analisi di movimento biomeccanico. I movimenti sono stati eseguiti con riferimento al rachide cervicale, i dati anatomici registrati dal sistema digitale sono stati utilizzati per la definizione del sistema di coordinate segmentale o locale dei punti di repere osseo.

Il sistema di coordinate dell'occipite (C0) è stato costruito su tre punti di riferimento osseo: l'asse X (flesso-estensione segmentale) definito come il vettore passante per i limiti inferiori del processo mastoideo, l'asse Z (inclinazione segmentale) passante per

il tubercolo occipitale e perpendicolare a X, l'asse Y (rotazione segmentale) perpendicolare agli altri due (fig. 1)

Sull'atlante e l'epistrofeo, il sistema di coordinate è stato costruito in modo analogo: un vettore passante per i processi trasversi (asse X), una perpendicolare passante per il tubercolo anteriore di C1 (asse Z), per la parte centrale del corpo di C2 (asse Z), e per ciascuna vertebra, un asse Y perpendicolare agli altri due. I movimenti di entrambi i segmenti ossei sono stati registrati simultaneamente, mentre l'analisi motoria segmentale è stata eseguita separatamente, con riferimento al segmento sottostante.

### Analisi dei dati dei patterns di accoppiamento motorio

Cattrysse et al.(2009) hanno analizzato i pattern di accoppiamento motorio con parametri che potessero essere oggettivati in modo analitico. Sono stati riportati il Rom della rotazione principale, confrontata con le componenti dei movimenti associati di inclinazione e flessione-estensione; calcolato il cross-correlation tra la rotazione e la flessione laterale accoppiata; il ratio tra rotazione e inclinazione accoppiata è stato

definito come ratio tra la deviazione standard delle componenti di movimento principale e accoppiato; lo shift descrive un ritardo involontario nell'inizio del movimento accoppiato rispetto al movimento principale, come frazione del periodo totale del movimento principale, espresso in percentuale. Inoltre, i patterns di accoppiamento motorio sono stati valutati graficamente attraverso l'andamento delle tre componenti motorie definite in 3 gruppi differenti: pattern di accoppiamento motorio omolaterale, controlaterale, non valutabile (fig.2)

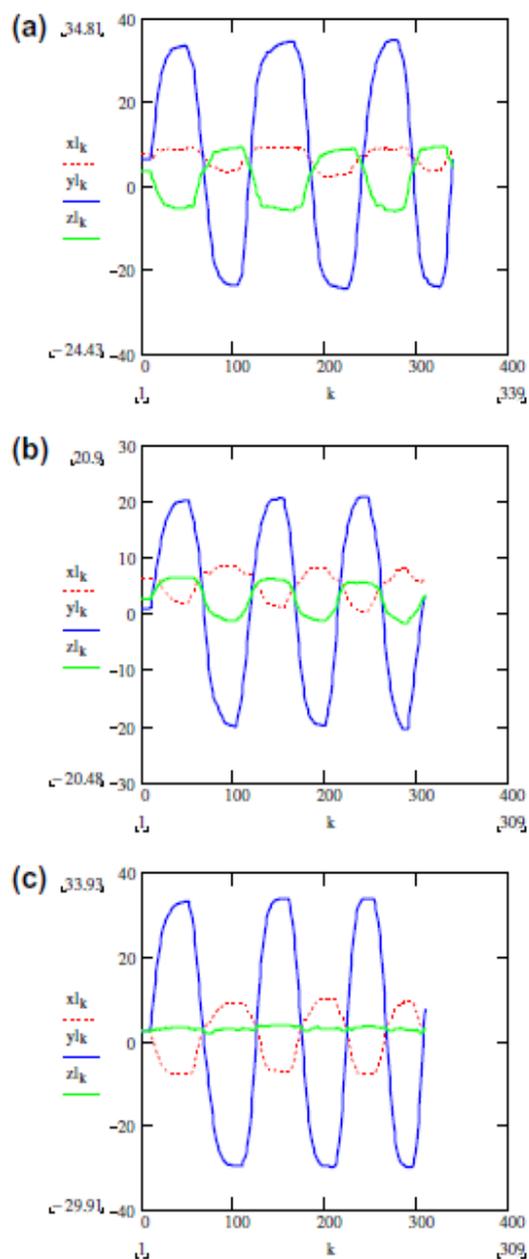


Fig.2. Patterns di accoppiamento motorio. **(a)**: combinazione controlaterale di rotazione ed inclinazione; **(b)** combinazione omolaterale di rotazione ed inclinazione; **(c)** pattern non osservabile. **(a)**  $x_k$ : componente flessione-estensoria in °;  $y_k$ : componente rotatoria in ° valore massimo e minimo;  $z_k$ : componente inclinazione in °, cross-correlation (y,z): 0.99; ratio (y,z):5.23; shift (y,z):2%; k: misura campione a 20Hz. **(b)**  $x_k$ : componente flessione-estensoria in °;  $y_k$ : componente rotatoria in ° valore massimo e minimo;  $z_k$ : componente inclinazione in °, cross-correlation (y,z): -0.99; ratio (y,z):3.92; shift (y,z):3%; k: misura campione a 20Hz. **(c)**  $x_k$ : componente flessione-estensoria in °;  $y_k$ : componente rotatoria in ° valore massimo e minimo;  $z_k$ : componente inclinazione in °, cross-correlation (y,z): 0.57; ratio (y,z):56.49; shift (y,z):15%; k: misura campione a 20Hz.

## Analisi statistica

I risultati test-retest sono stati analizzati calcolando il retest Z-score. Uno Z-score compreso tra -2 e +2 indica che il risultato retest non differisce di più di 2DS dal test, considerabile come non significativo. Per controllare eventuali differenze tra i risultati di diverse mobilizzazioni sono state effettuate ripetute misurazioni ANOVA. La rilevanza statisticamente significativa delle differenze nei principali archi articolari dei movimenti primari ed accoppiati è stata dimostrata dalla positività dello Student's *t*-test ( $P=0.05$ ).

## Test-retest

Durante uno studio pilota, sono stati testati due volte due campioni, uno fresco l'altro conservato. Il risultato non ha dimostrato differenze significative tra i test per il movimento principale e i movimenti accessori ( $P<0.05$ ).

### Risultati test- retest (Cattrysse et al.,2007)

	Regional				Fixation				Locking									
<i>C1-C2 axial rotation</i>	Y		Z	X		Y		Z	X		Y		Z	X				
Mean test+SD test	54.57	17.81	28.18	1.27	8.60	0.40	45.07	25.88	26.26	7.47	5.82	2.90	50.38	14.81	29.10	4.74	4.26	3.59
Mean retest	60.14		26.05		6.40		53.07		23.62		7.31		55.10		21.65		8.59	
Z-score	-0.31		1.68		5.45	*	-0.31		0.35		-0.51		-0.32		1.57		-1.21	
<i>C1-C2 lat bending</i>	Z		Y	X		Z		Y	X		Z		Y	X				
Mean test+SD test	10.10	10.21	12.15	11.07	9.40	5.95	7.88	0.07	13.86	3.58	6.60	5.53	8.24	3.94	11.96	0.76	8.80	7.72
Mean retest	10.74		8.62		3.16		3.45		3.39		0.95		7.53		8.79		2.93	
Z-score	-0.06		0.32		1.05		62.72	*	2.93	*	1.02		0.18		4.15	*	0.76	
<i>C0-C1 axial rotation</i>	Y		Z	X		Y		Z	X		Y		Z	X				
Mean test+SD test	5.41	0.86	4.55	4.64	7.15	0.91	2.81	0.99	1.77	0.01	3.95	2.14	2.58	3.10	2.20	2.95	4.06	2.18
Mean retest	7.20		2.57		5.07		2.89		1.35		2.59		2.37		1.74		0.66	
Z-score	2.09	*	-0.43		-2.30	*	0.08		-58.69	*	-0.63		-0.07		-0.15		-1.55	
<i>C0-C1 lat bending</i>	Z		Y	X		Z		Y	X		Y		X	Z				
Mean test+SD test	5.25	5.89	4.60	1.88	3.99	0.56	3.93	0.98	1.54	0.99	2.74	3.38	2.63	2.33	3.63	3.63	4.28	4.02
Mean retest	1.54		5.51		3.00		0.65		0.57		2.02		1.99		3.54		0.56	
Z-score	0.63		-0.48		1.77		3.37	*	0.98		0.21		0.27		0.03		0.92	

\*Significant =  $-2 > Z\text{-score} > 2$ .

## RISULTATI

La riproduzione di principali movimenti artrocinematici - uniplanari – è stata analizzata e registrata in termini di movimenti rotazionali intorno a tre assi. Le rotazioni segmentali di ogni vertebra attorno agli assi X,Y,Z sono state definite rispettivamente “flesso-estensione segmentale”, “rotazione assiale segmentale” ed “inclinazione laterale segmentale”, se ci si riferisce ai punti di riferimento osseo precedentemente descritti.

Questo significa che la componente flesso-estensoria del movimento è conseguente al componente *FHA*, con riferimento all'asse che attraversa i processi trasversi di C1(X). La componente di inclinazione laterale deriva dalla scomposizione del vettore di rotazione *FHA*, con riferimento all'asse passante per il tubercolo anteriore dell'atlante, ortogonalmente all'asse flesso-estensorio ( $Y \perp X$ ). La componente rotatoria

si riferisce all'asse perpendicolare agli altri due ( $Z^{\perp}Y^{\perp}X$ ). Questo implica che l'asse Y di C1 può non coincidere con il dente dell'epistrofeo (Y di C2).

#### *Mobilizzazione regionale VS segmentale in flessione-estensione*

Ripetute misurazioni ANOVA hanno evidenziato differenze significative tra 3 diverse situazioni: mobilizzazione regionale e mobilizzazione segmentale con fissazione manuale o con locking del tratto cervicale inferiore.

I principali archi articolari osservati durante il movimento principale di entrambi i segmenti sono dello stesso ROM ( $12^{\circ}$  VS  $16^{\circ}$ ), e tant o nel segmento atlanto-epistrofeo quanto in quello atlanto-occipitale, il movimento principale è accoppiato a componenti di rotazione attorno a due diversi assi. Mobilizzando in modo più localizzato mediante l'uso della fissazione manuale o in locking, si riporta una generale tendenza al decremento dell'arco di movimento. Questi cambiamenti non sono comunque statisticamente rilevanti, ad eccezione delle rotazioni attorno all'asse di rotazione segmentale ed attorno all'asse di inclinazione laterale durante la mobilizzazione segmentale di C0-C1 con fissazione manuale di C1. Tanto la fissazione manuale quanto il locking sono tecniche che portano al generale decremento dell'arco di movimento attorno a tutti gli assi. Per quanto riguarda la tecnica con fissazione, i cambiamenti dei principali movimenti in rotazione attorno all'asse della flessione-estensione non sono statisticamente rilevanti.

I risultati indicano inoltre che la mobilità dei campioni freschi rispetto a quelli conservati non differisce significativamente, ad eccezione della rotazione attorno all'asse dell'inclinazione laterale. Anche l'esclusione di un campione nel calcolo della rilevanza dei cambiamenti delle principali rotazioni non risulta determinante nella variazione dei dati.

#### *Mobilizzazione regionale VS segmentale in rotazione*

Le ripetute misurazioni ANOVA hanno rilevato differenza significative tra i tre diversi assi di rotazione: la mobilizzazione regionale e le mobilizzazioni segmentali – con fissazione manuale e in locking del tratto inferiore - hanno dato un valore  $P$  compreso tra 0.07 e 0.7, ad eccezione della componente rotatoria di C0-C1 durante l'inclinazione laterale ( $P=0.03$ ).

La rilevanza statistica delle differenze nel ROM del movimento principale e di quelli accoppiati è stato evidenziato da un  $t$ -test positivo ( $P<0.05$ )

#### *Rotazione assiale*

La rotazione assiale principale nell'articolazione atlanto-epistrofea(C1-C2) ha un ROM rilevato compreso tra  $36^{\circ}$  e  $55^{\circ}$ . In tutte le tecniche eseguite gli esaminatori hanno notato un accoppiamento controlaterale tra la componente rotatoria segmentale e quella di inclinazione laterale segmentale. Il  $t$ -test ha mostrato un decremento significativo delle componenti accoppiate in entrambe le tecniche segmentali

(fissazione manuale e locking), rispetto a quella regionale, ad eccezione della rotazione assiale in locking, che ha rivelato un incremento del ROM principale.

Risultati test-retest (Cattrysse et al.,2007)

	Regional			Fixation						Locking								
	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X						
<i>C1-C2 axial rotation</i>																		
Mean test+SD test	54.57	17.81	28.18	1.27	8.60	0.40	45.07	25.88	26.26	7.47	5.82	2.90	50.38	14.81	29.10	4.74	4.26	3.59
Mean retest	60.14		26.05		6.40		53.07		23.62		7.31		55.10		21.65		8.59	
Z-score	-0.31		1.68		5.45	*	-0.31		0.35		-0.51		-0.32		1.57		-1.21	
<i>C1-C2 lat bending</i>	Z		Y		X		Z		Y		X		Z		Y		X	
Mean test+SD test	10.10	16.21	12.15	11.07	9.40	5.95	7.88	0.07	13.86	3.58	6.60	5.53	8.24	3.94	11.96	0.76	8.80	7.72
Mean retest	10.74		8.62		3.16		3.45		3.39		0.95		7.53		8.79		2.93	
Z-score	-0.06		0.32		1.05		62.72	*	2.93	*	1.02		0.18		4.15	*	0.76	
<i>C0-C1 axial rotation</i>	Y		Z		X		Y		Z		X		Y		Z		X	
Mean test+SD test	5.41	0.86	4.55	4.64	7.15	0.91	2.81	0.99	1.77	0.01	3.95	2.14	2.58	3.10	2.20	2.95	4.06	2.18
Mean retest	7.20		2.57		5.07		2.89		1.35		2.59		2.37		1.74		0.66	
Z-score	2.09	*	-0.43		-2.30	*	0.08		-58.69	*	-0.63		-0.07		-0.15		-1.55	
<i>C0-C1 lat bending</i>	Z		Y		X		Z		Y		X		Y		Z		X	
Mean test+SD test	5.25	5.89	4.60	1.88	3.99	0.56	3.93	0.98	1.54	0.99	2.74	3.38	2.63	2.33	3.63	3.63	4.28	4.02
Mean retest	1.54		5.51		3.00		0.65		0.57		2.02		1.99		3.54		0.56	
Z-score	0.63		-0.48		1.77		3.37	*	0.98		0.21		0.27		0.03		0.92	

\* = -2 > Z-score > 2

La componente accoppiata di inclinazione laterale si è estesa da 13° a 21° durante la mobilizzazione regionale.

I movimenti accoppiati, verificatisi contemporaneamente a livello C0-C1 nelle tre tecniche di mobilizzazione in rotazione C0-C1, sono stati più piccoli ( $2^\circ < \text{ROM} < 9^\circ$ ). E' stata osservata una riduzione significativa della componente motoria principale ed accoppiata in entrambe le tecniche segmentali, rispetto a quella regionale, ad eccezione della componente flessore-estensoria durante la tecnica con fissazione manuale.

Risultati della rotazione a livello C1-C2 (Cattrysse et al.,2007)

Axial rotation	Y			Z						X											
	Regional	Fixation	Locking	Regional	Fixation	Locking	Regional	Fixation	Locking												
<i>C1-C2</i>	*	*									*										
Mean±SD	49.944	5.519	35.77	11.915	55.13	9.19	21.26	7.7433	contro 5/6	13.1	7.802	contro 5/6	15.64	7.043	contro 4/5	8.24	4.51	6.73	4.033	3.72	1.405
t-test		0.05		0.54						0.12		0.27					0.55		0.06		
sign		**		**						**		**					**		**		
Δ mean ROM			-14.18		3.76					-8.16		-5.62					-1.39		-4.39		
<i>C0-C1</i>					*																
Mean±SD	3.88	2.03	2.67	1.72	6.76	4.49	3.015	2.1562	Irregular	2.36	1.04	Mainly no	3.62	2.15	Irregular	9.09	2.89	4.52	1.74	6.1	3.57
t-test			0.29		0.24					0.56		0.67					0.01		0.17		
sign			**		**					**		**					**		**		
Δ mean ROM			-0.79		3.30					-0.66		1.14					4.83		-3.25		

\* : risultati di differenza significativa dal gruppo dei campioni freschi

t-test : valori P

\*\* : significativo per  $P < 0.05$

Δ mean ROM: differenza principale in arco di movimento confrontata con la mobilizzazione regionale.

### Inclinazione laterale

Durante l'inclinazione laterale dell'articolazione atlanto-epistrofea, sia il movimento principale che quelli accoppiati sono risultati piccoli ( $2^\circ - 10^\circ$ ). Non sono state rilevate differenze rilevanti durante entrambe le tecniche segmentali, ad eccezione della riduzione significativa della componente flessore-estensoria accoppiata durante la tecnica con fissazione manuale; comunque non sono stati individuati con precisione

patterns di accoppiamento tra le componenti di movimento di inclinazione laterale *segmentale* e rotazione assiale *segmentale*.

Il Rom delle diverse componenti di movimento nell'articolazione atlanto-occipitale, durante la mobilizzazione in flessione laterale, è risultata minore che nell'atlanto-epistrofea (1°-6°), ed il *t*-test non ha mostrato differenze significative ( $P<0.05$ ) fra le diverse mobilizzazioni.

Durante la mobilizzazione regionale, il pattern di accoppiamento motorio è stato omolaterale in 5 casi su 6, mentre le mobilizzazioni segmentali non hanno mostrato alcun accoppiamento.

Le tre differenti tecniche mostrano risultati sulla riproducibilità simili tra loro; la rotazione è l'unico movimento principale che rivela dati significativi per entrambi gli esaminatori che partecipavano a questo particolare studio.

Il parametro della cross-correlation che descrive il rapporto tra la rotazione e le componenti motorie di inclinazione accoppiata mostra relazioni significative per il paragone test-retest dell'esaminatore1 tra la tecnica regionale e quella in locking.

Gli ICC sono comunque moderati(0.55) ed il paragone test-retest per la fissazione manuale non rivela relazioni significative per l'esaminatore 1.

Nessuna delle tre tecniche di mobilizzazione mostra un ICC test-retest significativo per la cross-correlation dell'esaminatore 2.

Lo shift mostra un ICC da moderato a sostanziale per tutte le tre tecniche eseguite dall'esaminatore 1, ma non per quelle eseguite dall'esaminatore 2.

Il ROM dell'inclinazione accoppiata viene riprodotta accuratamente solo dall'esaminatore 1 con un valore ICC da basso a moderato (ICC=0.52).

La componente di accoppiamento in flesso estensione, il ratio tra rotazione e inclinazione accoppiata, lo shift tra movimento principale e accoppiato mostrano pattern di riproducibilità simili.

Coefficienti ICC intra-esaminatore per i parametri di accoppiamento motorio.

TECNICA	Esaminatore 1						Esaminatore 2					
	Regionale		Fissazione		Locking		Regionale		Fissazione		Locking	
Parametri	ICC	Sign	ICC	Sign	ICC	Sign	ICC	Sign	ICC	Sign	ICC	Sign
ROMX	<b>0.723</b>	<b>0.004</b>	0.445	0.110	<b>0.793</b>	<b>0.001</b>	0.430	0.112	-0.352	0.736	0.309	0.221
ROMY	<b>0.779</b>	<b>0.001</b>	<b>0.822</b>	<b>0.000</b>	<b>0.663</b>	<b>0.013</b>	<b>0.710</b>	<b>0.005</b>	<b>0.621</b>	<b>0.023</b>	<b>0.670</b>	<b>0.012</b>
ROMZ	0.516	0.061	<b>0.690</b>	<b>0.009</b>	0.369	0.109	0.156	0.358	-0.068	0.555	-0.273	0.252
CC	<b>0.552</b>	<b>0.044</b>	0.548	0.051	<b>0.558</b>	<b>0.046</b>	0.327	0.198	0.073	0.437	-4.108	0.999
Ratio	<b>0.585</b>	<b>0.031</b>	0.527	0.061	0.532	0.058	-0.096	0.578	0.400	0.144	<b>0.825</b>	<b>0.000</b>
Shift	<b>0.567</b>	<b>0.038</b>	<b>0.662</b>	<b>0.013</b>	<b>0.801</b>	<b>0.001</b>	0.095	0.415	-0.627	0.844	0.035	0.470

ROMX: range componente flesso-estensoria; ROMY: range rotazione principale; ROMZ: range componente di inclinazione; CC: coefficiente del cross-correlation; Ratio: ratio tra la rotazione e la componente di inclinazione; Shift: shift tra la componente accoppiata di inclinazione e la rotazione principale; sign: rilevanza statistica. I valori rilevanti ( $p<0.05$ ) sono in **grassetto**.

## Discussione

Uno studio precedente ha dimostrato l'appropriatezza del metodo usato per l'analisi dei movimenti associati nella mobilizzazione in flessione estensione (Cattrysse et al., 2004, 2005c), come è stato dimostrato che le proprietà biomeccaniche dei tendini e dei legamenti non subiscono alterazioni derivanti dalla conservazione per congelamento (Panjabi et al., 1985; Wilke et al., 1996, 1998). I risultati degli studi in esame rilevano un buon accordo tra gli archi di movimento osservati nei campioni conservati e quello fresco. Si sono rivelati molto simili anche gli schemi tra la mobilità e gli accoppiamenti valutati nei campioni conservati e in quello fresco: ciò è quasi sorprendente, se si considerano i possibili effetti che possono influenzare gli aspetti biomeccanici di un campione preparato rispetto ad uno fresco.

La degenerazione può influenzare alcuni aspetti della mobilità e delle risposte meccaniche, specialmente in campioni datati come quelli utilizzati negli studi. Ci si aspetta una riduzione dell'arco di movimento con l'invecchiamento (ten. Have and Eulerick, 1980, 1981; Eulerick and ten Have 1982).

In uno studio 3D sulla mobilità attiva del rachide cervicale, è stato dimostrato che le componenti dei movimenti accoppiati non si riducono inequivocabilmente con l'età come i movimenti principali (Van Roy et al.; 2004). L'età può altresì influenzare gli schemi dei movimenti accoppiati, in quanto essi sono legati a caratteristiche peculiari quali l'orientamento dell'articolazione, dei legamenti e l'area articolare. Infine anche gli effetti delle differenti tecniche di mobilizzazione potrebbe essere campione-dipendente: la mobilizzazione di un preparato privo del tessuto cutaneo, del connettivo e dei muscoli, non è uguale a quella effettuata su un paziente in un contesto clinico, senza contare gli aspetti psicosociali e il rapporto tra operatore e paziente che possono influenzare un trattamento autentico. Comunque gli esaminatori riferiscono una spiccata similitudine contestuale, anzi, la mancanza dei tessuti che normalmente si interpongono tra le mani dell'operatore e le ossa offre un piccolo vantaggio alla fissazione. La predisposizione ad un approccio multisegmentale dinamico ha permesso che i segmenti valutati fossero liberi di muoversi indipendentemente dalle situazioni provocate dalla fissazione: questo contesto rispecchia quello reale, con il paziente supino e la giunzione cervico-toracica parzialmente immobilizzata dal peso del corpo; questi sono gli aspetti fondamentalmente diversi dagli studi in vitro effettuati precedentemente a quelli di Cattrysse et al. (2007). Tutte le mobilizzazioni sono state eseguite manualmente per un massimo di 3 volte consecutive su ogni campione: i risultati ottenuti dimostrano una ripetibilità accettabile, in quanto la deviazione standard, attribuita ad ogni campione, in qualunque arco di movimento di tutte le mobilizzazioni effettuate, è compresa tra 0°-3°.

Gli aspetti 3D dei movimenti anatomici funzionali manualmente indotti, sono stati analizzati in termini di movimenti rotatori intorno a tre assi; quindi occorre prestare attenzione nel considerarli nell'accezione comune che queste definizioni

generalmente hanno, infatti negli studi in questione non ci si riferisce al sistema testa-corpo, ma ai vari piani legati ai punti di riferimento ossei fissati sui vari segmenti dei campioni esaminati. Ragion per cui hanno fatto riferimento ai movimenti accoppiati in termini di flesso-estensione *segmentale*, rotazione assiale *segmentale* ed inclinazione laterale *segmentale*.

Questo implica che la flesso-estensione si riferisce all'asse di rotazione passante per i processi trasversi di C1; l'inclinazione laterale si riferisce ad un asse di rotazione che attraversa il tubercolo anteriore dell'atlante, quindi non necessariamente su un piano trasversale; la rotazione assiale si riferisce ad un asse perpendicolare agli altri due: di conseguenza l'asse della rotazione assiale non necessariamente coincide con il dente dell'epistrofeo, che viene generalmente considerato il perno attorno al quale avvengono le rotazioni assiali (Penning and Wilming, 1987; White and Panjabi, 1990; Roche et al., 2002).

Attualmente sembra che questo sia l'unico approccio per garantire una registrazione costante dei movimenti segmentali 3D del rachide, ancora più della 3D MRI aperta con la quale diversi autori hanno presentato studi sulla cinematica 3D (Ishii et al., 2004, 2006)

I risultati degli studi considerati indicano che la fissazione manuale dell'atlante non influenza significativamente le componenti flesso-estensorie durante la mobilizzazione segmentale, se comparata con quella regionale. D'altra parte, la fissazione manuale riduce significativamente la rotazione assiale associata e le componenti di inclinazione laterale del segmento mobilizzato. La tecnica con fissazione manuale influenza altresì i movimenti dell'articolazione atlanto-epistrofea: è stata rilevata una significativa diminuzione dei movimenti associati di rotazione assiale *segmentale* e di inclinazione laterale *segmentale*, mentre è risultata irrilevante per la componente di flesso-estensione *segmentale*.

La tecnica in locking non influenza alcun movimento - principale o associato- nella valutazione segmentale o regionale del segmento C0-C1, anche se riduce tutte le componenti di movimento della sottostante articolazione atlanto-epistrofea.

Le scoperte degli studi di Cattrysse et al. (2007) possono influenzare le tecniche che il terapeuta manuale può scegliere per la strategia e la terapia del rachide cervicale superiore: in base alla specificità delle tecniche di mobilizzazione si prospettano infatti scelte differenti. Se l'obiettivo consiste nella componente flesso estensoria della mobilità del rachide cervicale superiore, la fissazione manuale può rivelarsi la più utile nel ridurre le componenti dei movimenti accoppiati di rotazione assiale ed inclinazione laterale della articolazioni atlanto-occipitale ed atlanto-epistrofea. Se l'obiettivo è localizzare il più possibile gli effetti di una mobilizzazione a livello atlanto-occipitale, la tecnica in locking sembra garantire la riduzione di tutte le componenti di movimento al di sotto di quella da trattare.

L'uso delle tecniche di mobilizzazione segmentale C1-C2 in rotazione può significativamente influenzare le componenti accoppiate di inclinazione laterale e flesso-estensione se confrontate con la mobilizzazione regionale uniplanare; mentre,

sia con fissazione manuale di C1 che in locking, la componente flesso-estensoria associata si riduce significativamente. Inoltre, la tecnica in locking rende possibile un incremento della rotazione principale, mentre la fissazione manuale la riduce. Piccole riduzioni di movimento accoppiato sono state osservate nell'articolazione atlanto-occipitale: è stato riportato anche un piccolo seppur significativo ( $P < 0.05$ ) incremento di 3° nella mobilità in rotazione di questo segmento, con l'uso della tecnica in locking.

Durante la mobilizzazione segmentale in flessione laterale, non sono stati osservati effetti significativi nel movimento principale ed in quelli accoppiati dell'atlanto-epistrofea se comparati con la mobilizzazione regionale. E' stata osservata solo una significativa riduzione della componente di accoppiamento flesso-estensorio dell'atlanto-epistrofea durante la flessione laterale in locking.

La tecnica in locking non influenza la mobilità principale ed accoppiata sui segmenti mobilizzati in flesso-estensione; sembra determinare invece un aumento della mobilità in rotazione con decremento dei movimenti accoppiati.

Sul segmento superiore C0-C1, la flesso-estensione –sia in locking che con fissazione manuale- sembra ridurre la rotazione accoppiata di C1-C2, però in locking si riduce la flesso-estensione atlanto-occipitale.

Entrambe le tecniche segmentali riducono tutte le componenti motorie di C0-C1 durante mobilizzazione in rotazione ed inclinazione C1-C2, ma la fissazione manuale lascia inalterata la componente accoppiata di flesso-estensione.

Questi risultati indicano che durante le mobilizzazioni segmentali i pattern di accoppiamento motorio vengono influenzati dalla mobilizzazione in flessione laterale ma non dalla rotazione, che a livello atlanto-epistrofeo mantiene un accoppiamento di inclinazione controlaterale.

La riduzione dei movimenti accoppiati durante l'inclinazione, non permette di individuarne il pattern di accoppiamento, che risultano omolaterali durante la mobilizzazione regionale (Cattrysse et al., 2005a).

Quando l'obiettivo dell'intervento è l'incremento della mobilità in rotazione dell'articolazione atlanto-epistrofea, la tecnica in locking sembra preferibile, tenendo presente comunque la contemporanea riduzione delle componenti di inclinazione/flesso-estensione accoppiata.

Se invece è trascurabile la componente flesso-estensoria atlanto-occipitale, e si è consapevoli della riduzione della componente di rotazione principale e di inclinazione accoppiata, la scelta più appropriata è la mobilizzazione segmentale con fissazione manuale.

Nonostante in letteratura vengano riportati pareri discordanti sul ruolo dell'esperienza nell'esecuzione delle tecniche, sono state osservate importanti differenze sulla riproducibilità intra-esaminatore tra i due diversi operatori: alcuni autori sostengono che la familiarità non sia determinante (Hawk et al., 1999), altri che incida positivamente sul risultato (Cattrysse et al., 1997). Altri risultati (Cattrysse et al., 2009) indicano chiaramente come che un terapeuta che ha dimestichezza nell'esecuzione di determinate tecniche determina valori di riproducibilità più elevati di un terapeuta con la

stessa esperienza clinica che applica le stesse tecniche ma in modo differente: sembra evidente quindi che il livello di familiarità nell'esecuzione precisa della tecnica specifica influenza positivamente la riproducibilità dei movimenti cinematici.

Per quanto riguarda i parametri del cross-correlation, i risultati ANOVA non indicano differenze significative nei dati del test-retest di entrambi gli osservatori: ciò è probabilmente conseguente al basso ICC tra i risultati test-retest e tra gli operatori.

Il cross-correlation riflette la congruenza tra il Rom della rotazione, l'inclinazione accoppiata e l'escursione tra -1 e +1. (fig. 2c): anche una piccola variazione di una componente determina una variazione significativa del c.-c. Un cambiamento irrilevante per il terapeuta nell'esecuzione del test può quindi determinare differenze statisticamente significative. Per questo il cross-correlation è una misura troppo sensibile per lo studio dei patterns di accoppiamento motorio. (Cattrysse et al. 2009)

In definitiva i risultati ottenuti dagli studi valutati dimostrano che le tecniche di mobilizzazione segmentale non permettono l'esclusione di movimenti associati intrarticolari o dei segmenti adiacenti, ma riducono i movimenti involontari dei pattern di accoppiamento motorio dei movimenti uniplanari indotti.

Quindi, fermo restando che la sperimentazione in vitro andrebbe supportata da studi in vivo, i risultati suggeriscono che ogni specifica tecnica terapeutica determina uno specifico effetto artrocinematico, che influenzerà a sua volta una specifica limitazione funzionale.

In ambito clinico si deve comunque tenere presente che la specificità e l'efficacia di un trattamento sono sempre dipendenti dalla reattività del paziente, per il quale una tecnica molto specifica potrebbe risultare troppo provocativa, a discapito dell'efficacia.

## Conclusioni

Attualmente gli aspetti 3D della mobilizzazione segmentale possono essere analizzati e registrati soltanto in vitro; gli studi descritti offrono una serie di informazioni su questi aspetti durante la mobilizzazione del rachide cervicale superiore.

La mobilizzazione in flesso-estensione "uni planare" genera piccoli movimenti associati di rotazione assiale *segmentale* e di inclinazione assiale *segmentale* all'interno di un sistema di coordinate legate a punti di riferimento ossei. I risultati ottenuti dimostrano che la mobilizzazione segmentale dell'articolazione atlanto-occipitale con fissazione manuale di C1 può ridurre tali movimenti associati. L'uso della tecnica in locking riduce tutte le componenti di movimento della sottostante articolazione atlanto-epistrofea.

Nella rotazione C1-C2 si riduce l'escursione delle componenti di accoppiamento motorio tanto con la fissazione manuale quanto in locking; quest'ultimo, però, determina un incremento della rotazione principale. Il pattern di accoppiamento motorio non viene influenzato dalle tecniche di mobilizzazione segmentale.

La mobilizzazione segmentale in flessione laterale non induce differenze significative all'escursione dei movimenti accoppiati o agli aspetti artrocinematici del pattern di accoppiamento motorio, se confrontata con la mobilizzazione regionale; la fissazione manuale riduce significativamente la flessione-estensione accoppiata di C1-C2.

Il Rom della rotazione mostra un livello intra/inter-esaminatore sostanziale (ICC 0.67-0.76), mentre l'esecuzione della tecniche sembra offrire un livello di riproducibilità insufficiente; infatti i parametri che descrivono i patterns di accoppiamento motorio hanno rilevato una riproducibilità intra-esaminatore da moderata a sostanziale (ICC 0.55-0.68) solo per l'esaminatore che aveva più dimestichezza con le tecniche prese in esame. (Cattrysse et al. 2009)

Questo avvalorava l'ipotesi che l'esperienza nell'esecuzione precisa di una tecnica specifica influenza positivamente la riproducibilità degli aspetti cinematici 3D nelle mobilizzazioni manuali.

Per i terapeuti manuali è importante scegliere la tecnica specifica in accordo agli obiettivi prefissati nel piano terapeutico (Osterbauer et al, 1992; Cattrysse et al.,2006): se l'attenzione viene focalizzata sulla componente flessione-estensoria, la tecnica con fissazione manuale di C1 è quella elettiva, quando si desidera localizzare gli effetti della mobilizzazione all'articolazione atlanto-occipitale limitando il più possibile ogni componente di movimento dell'atlanto-epistrofea si dovrebbe effettuare una tecnica in locking.

Se ricerchiamo un aumento della rotazione C0-C1, la tecnica in locking è ancora preferibile, in quanto riduce maggiormente i movimenti accoppiati, aumenta quello principale e riduce tutti i movimenti a livello C1-C2. Se per qualunque motivo non vogliamo ridurre o influenzare la componente flessione-estensoria atlanto-epistrofea, allora la tecnica con fissazione manuale sembra la più opportuna.

## Bibliografia

- Amiri M, Jull G, Bullock-saxton J. Measurement of upper cervical flexion and extension with the 3-space fastrak measurement system: a repeatability study. *The Journal of Manual and Manipulative Therapy* 2003;11(4):198–203.
- Baeyens JP, Cattrysse E, Van Roy P, Clarys JP. Measurement of three-dimensional intra-articular kinematics: methodological and interpretation problems. *Ergonomics* 2005;48(11–14):1638–44.
- Bull AM, Amis AA. Accuracy of an electromagnetic tracking device. *Journal of Biomechanics* 1997;30(8):857–9.
- Baumgartner H. The upper cervical spine. Symptomatology, clinical diagnosis and therapy of functional disorder. *Orthopäde*. 1991 Apr;20(2):127–32. **R.S.**
- Cattrysse E, Probyn S, Kool P, Gagey O, Clarys JP, Van Roy P.  
[Reproducibility of kinematic motion coupling parameters during manual upper cervical axial rotation mobilization: a 3-dimensional in vitro study of the atlanto-axial joint.](#)
- J Electromyogr Kinesiol.* 2009 Feb;19(1):93–104. Epub 2007 Aug 28. **A.O.**
- Cattrysse E, Baeyens JP, Kool P, Clarys JP, Van Roy P.  
[Does manual mobilization influence motion coupling patterns in the atlanto-axial joint?](#)
- J Electromyogr Kinesiol.* 2008 Oct;18(5):838–48. Epub 2007 Apr 16. **A.O.**
- Cattrysse E, Baeyens JP, Clarys JP, Van Roy P.  
[Manual fixation versus locking during upper cervical segmental mobilization. Part 1: an in vitro three-dimensional arthrokinematic analysis of manual flexion-extension mobilization of the atlanto-occipital joint.](#)
- Man Ther.* 2007 Nov;12(4):342–52. Epub 2006 Oct 30. **A.O.**
- Cattrysse E, Baeyens JP, Clarys JP, Van Roy P.  
[Manual fixation versus locking during upper cervical segmental mobilization. Part 2: an in vitro three-dimensional arthrokinematic analysis of manual axial rotation and lateral bending mobilization of the atlanto-axial joint.](#)
- Man Ther.* 2007 Nov;12(4):353–62. Epub 2006 Dec 26. **A.O.**
- Cattrysse E, Baeyens JP, Clarys JP, Van Roy P. 3D arthrokinematics of the human upper-cervical spine: in-vitro study of coupled rotations. Fifteenth Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Boston, USA, 2004.
- Cattrysse E, Baeyens JP, Clarys JP, Van Roy P. 3D arthrokinematic analysis of coupled motion in the human upper-cervical spine: in vitro analysis of high velocity thrust techniques. International Society of Biomechanics XXth Meeting, American Society of Biomechanics 29th Meeting, Cleveland State University, Ohio, USA. International Society of Biomechanics, 2005a.
- Cattrysse E, Baeyens JP, Clarys JP, Van Roy P. In-vitro 3D arthrokinematic analysis of coupled rotations in the atlanto-axial joint during axial rotation and lateral bending. Second International Conference on Movement Dysfunction; Pain and Performance: Evidence and Effect, Edinburgh-UK, 2005b.
- Cattrysse E, Baeyens JP, Clarys JP, Van Roy P. In-vitro 3D arthrokinematic analysis of coupled motions in the atlanto-axial joint during axial rotation and lateral bending. International Society of Biomechanics XXth Meeting, American Society of Biomechanics 29th Meeting, Cleveland State University, Ohio, USA, International Society of Biomechanics, 2005c.
- Cattrysse E, Baeyens JP, Van Roy P, Van de Wiele O, Roosens T, Clarys JP. Intra-articular kinematics of the upper limb joints: a six degrees of freedom study of coupled motions. *Ergonomics* 2005d;48(11–14):1657–71.
- Cook C, Hegedus E, Showalter C, Sizer PS Jr.  
[Coupling behavior of the cervical spine: a systematic review of the literature.](#)
- J Manipulative Physiol Ther.* 2006 Sep;29(7):570–5. **R.S.**
- Dhimitri K, Brodeur S, Croteau M, Stephanie R, Seymour CJ. Reliability of the cervical range of motion device in measuring upper cervical motion. *The Journal of Manual and Manipulative Therapy* 1998;6(1):31–6.
- Dvorak J, Froehlich D, Penning L, Baumgartner H, Panjabi MM. Functional radiographic diagnosis of the cervical-spine—flexion extension. *Spine* 1988;13(7):748–55.
- Dvorak J, Antinnes JA, Panjabi M, Loustalot D, Bonomo M. Age and gender related normal motion of the cervical-spine. *Spine* 1992;17(10):S393–8.
- Eulderink F, ten Have HA. Do adjacent joints compensate for decreased mobility in a cervical spine segment? *Zeitschrift für Rheumatologie* 1982;41(6):263–7.
- Fielding JW. Cineoortography of the normal spine. *Journal of Bone and Joint Surgery—American Volume* 1957;A-39:1280.
- Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ. Three dimensional spinal coupling mechanics: Part I. A review of the literature. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 1998;21(2):101–13.

- Hino H, Abumi K, Kanayama M, Kaneda K. Dynamic motion analysis of normal and unstable cervical spines using cineradiography— an in-vivo study. *Spine* 1999;24(2):163–8.
- Ishii T, Mukai Y, Hosono N, Sakaura H, Fujii R, Nakajima Y, Tamura S, Iwasaki M, Yoshikawa H, Sugamoto K. [A.O.](#)  
[Kinematics of the cervical spine in lateral bending: in vivo three-dimensional analysis.](#)  
*Spine*. 2006 Jan 15;31(2):155-60.
- Koerhuis CL, Winters JC, van der Helm F, Hof AL. Neck mobility measurement by means of the 'Flock of birds' electromagnetic tracking system. *Clinical Biomechanics* 2003;18:14–8.
- LaScalza S, Arico J, Hughes R. Effect of metal and sampling rate on accuracy of flock of birds electromagnetic tracking system. *Journal of Biomechanics* 2003(36):141–4.
- Mc Quade KJ, Finley MA, Harris-Love M, McCombe-Waller S. dynamic error analysis of ascension's Flock of birds electromagnetic tracking device using a pendulum model. *Journal of Applied Biomechanics* 2002;18:171–9.
- Meskers CG, Fraterman H, van der Helm FC, Vermeulen HM, Rozing PM. Calibration of the "Flock of Birds" electromagnetic tracking device and its application in shoulder motion studies. *Journal of Biomechanics* 1999;32(6):629–33.
- Milne N. Composite motion in cervical disc segments. *Clinical Biomechanics* 1993;8(4):193–202.
- Milne AD, Chess DG, Johnson JA, King GJ. Accuracy of an electromagnetic tracking device: a study of the optimal range and metal interference. *Journal of Biomechanics* 1996;29(6): 791–3.
- Ordway NR, Seymour RJ, Donelson RG, Hojnowski LS, Edwards WT. Cervical flexion, extension, protrusion, and retraction—a radiographic segmental analysis. *Spine* 1999;24(3):240–7.
- Osterbauer PJ, Derickson KL, Peles JD, Deboer KF, Fuhr AW, Winters JM. 3-Dimensional head kinematics and clinical outcome of patients with neck injury treated with spinal manipulative therapy—a pilot-study. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 1992;15(8):501–11.
- Panjabi MM. Instantaneous center of rotation and instability of the cervical spine—a clinical study—point of view. *Spine* 1997;22(6): 647–8.
- Panjabi MM, Krag M, Summers D, Videman T. Biomechanical timetolerance of fresh cadaveric human spine specimens. *Journal of Orthopaedic Research* 1985;3(3):292–300.
- Panjabi MM, Summers DJ, Pelker RR, Videman T, Friedlaender GE, Southwick WO. 3-Dimensional load–displacement curves due to forces on the cervical-spine. *Journal of Orthopaedic Research* 1986;4(2):152–61.
- Panjabi M, Dvorak J, Duranceau J, Yamamoto I, Gerber M, Rauschnig W, Bueff HU. [Three-dimensional movements of the upper cervical spine.](#)  
*Spine*. 1988 Jul;13(7):726-30 [A.O.](#)
- Panjabi MM, Oda T, Crisco JJ, Dvorak J, Grob D. Posture affects motion coupling patterns of the upper cervical-spine. *Journal of Orthopaedic Research* 1993;11(4):525–36.
- Penning L. Normal movements of cervical-spine. *American Journal of Roentgenology* 1978;130(2):317–26.
- Roche CJ, King SJ, Dangerfield PH, Carty HM. The atlanto-axial joint: physiological range of rotation on MRI and CT. *Clinical Radiology* 2002;57(2):103–8.
- Snodgrass SJ, Rivett DA, Robertson VJ. [Manual forces applied during cervical mobilization.](#)  
*J Manipulative Physiol Ther.* 2007 Jan;30(1):17-25. [A.O.](#)
- Snodgrass SJ, Rivett DA, Robertson VJ. [Manual forces applied during posterior-to-anterior spinal mobilization: a review of the evidence.](#)  
*J Manipulative Physiol Ther.* 2006 May;29(4):316-29. [R.S.](#)
- Spoor CW, Veldpaus FE. Rigid body motion calculated from spatial coordinates of markers. *Journal of Biomechanics* 1980;13(4): 391–3.
- Van Roy P, Barbaix E, Clarys JP. Functional anatomy of the cervical spine. In: Spalski M, Gunzburg R, editors. *The degenerative cervical spine*. Philadelphia, Lippincott: Williams & Wilkins; 2001. p. 3–27.
- Van Roy P, Van den Bogaerde F, Cattrysse E, Baeyens JP, Verbruggen L, Clarys JP. Effects of ageing and degeneration on regional coupled motion in the cervical spine. Fifteenth Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Boston, USA, 2004.
- White A, Panjabi M. *Clinical biomechanics of the spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1990. p. 722.
- Wilke HJ, Krishchak S, Claes LE. Formalin fixation strongly influences biomechanical properties of the spine. *Journal of Biomechanics* 1996;29(12):1629–31.
- Wilke HJ, Wenger K, Claes L. Testing criteria for spinal implants: recommendations for the standardization of in-vitro stability testing of spinal implants. *European Spine Journal* 1998;7(2): 148–54.
- Woltring HJ. 3-D attitude representation of human joints—a standardization proposal. *Journal of Biomechanics* 1994;27(12): 1399–414.

-Woltring HJ, Huiskes R, Delange A, Veldpaus FE. Finite centroid and helical axis estimation from noisy landmark measurements in the study of human joint kinematics. Journal of Biomechanics 1985;18(5):379–89.

-Worth DR. Movements of the cervical-spine. Journal of Anatomy 1985;142(OCT):227–8.

**Ringraziamenti**

Si ringrazia il coordinatore M. Testa per aver reso disponibile il materiale riservato del master.