

# Evaluation de la rigidité régionale et globale du rachis cervical en rotation axiale : étude d'une population de sujets asymptomatiques

## Assessment of global and regional cervical spine stiffness during axial rotation among asymptomatic subjects

ALINE DE BOE (MSc), PIERRE HILAIRE (MSc), WALID SALEM (PhD), PIERRE-MICHEL DUGAILLY (PhD)

- 1 Département des sciences Ostéopathiques, Unité de recherche en Ostéopathie, Faculté des Sciences de la Motricité, Université Libre de Bruxelles (ULB), Bruxelles, Belgique
- 2 Laboratoire d'Anatomie Fonctionnelle, Faculté des Sciences de la Motricité, Université Libre de Bruxelles (ULB), Bruxelles, Belgique

Les auteurs attestent ne pas avoir de conflits d'intérêts dans la réalisation de ce travail

### Keywords

Upper cervical spine, stiffness, axial rotation, asymptomatic

### Mots clés

Rachis cervical supérieur, rigidité, rotation axiale, asymptomatique

### Abstract

**Purpose:** Cervical stiffness is a currently assessed parameter in cervical spine functional evaluation. To date, quantitative measurements of the upper cervical spine stiffness are lacking. The objective was to investigate the upper axial rotation cervical spine stiffness in healthy subjects as a function of gender and age. In addition, comparison of regional and global spine stiffness were also compared.

**Methods:** Seventy-four asymptomatic subjects, between 20 and 59 years old (mean  $37 \pm 12$  years) have been evaluated. Stiffness measurements were carried out for passive axial rotation using a torque meter device. Analysis of variance (repeated measures ANOVA) allowed investigating evaluation type (global versus regional), age and gender effects on stiffness features.

**Results:** Stiffness and torque were significantly larger in male ( $p$ -value=0.001). There was a significant effect of age on active range of motion, torque and percentage of neutral zone. Moreover, global and regional stiffness characteristics were

### Résumé

**Introduction:** La rigidité est un paramètre couramment évalué lors de l'examen fonctionnel du rachis cervical. Il n'existe, à ce jour, pas de données concernant la rigidité du rachis cervical supérieur *in vivo*. L'objectif est d'investiguer la rigidité du rachis cervical supérieur en rotation axiale chez des sujets sains en fonction de l'âge et du genre, et de comparer l'évaluation du rachis cervical supérieur à celle du rachis cervical dans son ensemble.

**Méthodes:** L'étude a été réalisée sur 74 sujets asymptomatiques âgés de 20 à 59 ans ( $37 \pm 12$  ans). La tension passive de la colonne cervicale a été mesurée lors de la rotation axiale en position neutre et fléchie. Une analyse de la variance a permis d'évaluer les effets de l'âge, du genre et du type d'évaluation sur les paramètres élastiques.

**Résultats:** La rigidité et le moment de force appliqué sont significativement plus élevés chez l'homme ( $p$ -valeur=0.001). On observe un effet significatif de l'âge sur le pourcentage de zone neutre, le moment de force et l'amplitude active. La

not significantly different, with average data of  $0.07 \pm 0.02$  Nm/° and  $0.07 \pm 0.03$  Nm/°, respectively.

Conclusions: Our study quantified the upper cervical spine stiffness in axial rotation. Based on our sample (20-59 years), stiffness does not seem to be altered by age, while male displayed larger stiffness. Upper cervical spine stiffness does not differ from global cervical spine stiffness. This observation might suggest that, during examination, a global rotation movement is not discriminating enough for the lower cervical spine.

rigidité ne varie pas entre les deux évaluations (rachis cervical supérieur:  $0,07 \pm 0,03$  Nm/°; rachis cervical global:  $0,07 \pm 0,02$  Nm/°).

Conclusion : Notre étude a quantifié la rigidité du rachis cervical en rotation axiale. La rigidité ne semble pas varier avec l'âge entre 20 et 59 ans. Concernant le genre, l'homme semble présenter une rigidité plus élevée. Enfin, la rigidité du rachis cervical supérieur ne diffère pas de celle du rachis cervical dans son ensemble. Ceci tendrait à montrer que l'évaluation par un mouvement de rotation globale n'est pas assez discriminante pour le rachis cervical inférieur.



## Introduction

La cervicologie ainsi que les céphalées cervicogènes sont un motif fréquent de consultation médicale <sup>(1,2)</sup>. En effet, la prévalence sur un an atteint 0,5 à 45 % pour la cervicologie et 0,4 à 2,5 % pour les céphalées cervicogènes dans la population générale <sup>(3,4)</sup>. Une telle disparité au niveau de la prévalence de la cervicologie peut s'expliquer par des définitions différentes de la cervicologie, de la région douloureuse et de la durée de la douleur, ainsi que par les différences méthodologiques au sein des différentes études <sup>(4)</sup>.

La prise en charge de la cervicologie nécessite un examen physique: le clinicien peut évaluer la fonction cervicale de manière globale, régionale ou segmentaire, active ou passive, à l'aide d'instruments (goniomètre, accéléromètre, ...) ou par palpation manuelle <sup>(5,6,7)</sup>. En plus de ces méthodes quantitatives, une approche qualitative a été développée: le clinicien apprécie la résistance au déplacement articulaire, ce qui permet de mettre en évidence la présence d'une rigidité accrue <sup>(7,8,9)</sup>.

D'un point de vue fonctionnel, le rachis cervical est généralement décrit comme étant divisé en deux entités: le rachis cervical supérieur (C0-C2) et le rachis cervical inférieur (C3-C7). C'est au niveau du rachis cervical supérieur qu'a lieu la majorité du mouvement de rotation: 60 à 70 % de la rotation axiale se passerait entre C0 et C2 <sup>(10,11)</sup>. Le rachis cervical supérieur présente donc un rôle majeur dans le mouvement de rotation et semble avoir un rôle prédominant dans les céphalées cervicogènes <sup>(8,10,11,12)</sup>.

Lors de l'examen fonctionnel du rachis cervical, le clinicien souhaitant se concentrer sur la région cervicale supérieure et « isoler » C0-C2, va placer le rachis cervical du patient en flexion maximale <sup>(13)</sup>. Cette position permettrait de verrouiller les étages inférieurs et, ainsi, le mouvement de rotation induit par la suite ne se déroulerait qu'au niveau du rachis cervical supérieur (RCS).

Si certains auteurs supportent la validité du test de flexion-rotation (FTR), il est admis que le test n'est pas strictement spécifique au RCS <sup>(14)</sup>. Le FTR, permettant donc de mettre en évidence une « dysfonction » au niveau de la mobilité de C1-C2 par présence d'une résistance ferme, d'une douleur, mais

surtout d'une amplitude limitée, fait partie des critères diagnostics proposés par l'International Headache Society dans le cadre d'une céphalée cervicogène <sup>(1,13)</sup>.

De nombreuses études ont évalué la rigidité de la colonne vertébrale mais la grande majorité a évalué la rigidité *in vitro* ou la rigidité postéro-antérieure <sup>(9,11,15,16)</sup>. Les seules études concernant la rigidité cervicale *in vivo* pour des mouvements dans les trois plans de l'espace sont celles de *McGill et al.* en 1994 et *McClure et al.* en 1998 <sup>(17,18)</sup>. Tous deux ont étudié la rigidité sur de jeunes sujets sains: *McGill* en flexion, extension et inclinaison sur 59 sujets, et *McClure* en flexion, inclinaison droite et rotation axiale sur 20 sujets <sup>(17,18)</sup>. On ne dispose donc de données concernant le mouvement de rotation que sur un faible échantillon, et il n'existe pas de données concernant le rachis cervical supérieur.

Posant l'hypothèse que le test de flexion-rotation permette bien d'isoler et d'apprécier le rachis cervical supérieur, notre étude vise à étudier le comportement élastique de la colonne cervicale supérieure (rigidité régionale) et, dans un deuxième temps, à le comparer au comportement élastique de la colonne cervicale dans son ensemble (rigidité globale).

## Méthodes

### Echantillon

Septante-quatre sujets (34 hommes et 40 femmes) âgés de 20 à 59 ans ( $37 \pm 12$  ans) ont participé à l'étude. Pour être inclus dans l'étude, les sujets, hommes et femmes, devaient être âgés de 20 à 59 ans. Etaient exclus les sujets ayant présenté des symptômes ou signes cliniques cervicaux dans les six mois précédents l'étude, ayant subi un traumatisme ou possédant des antécédents de pathologie rachidienne cervicale connue.

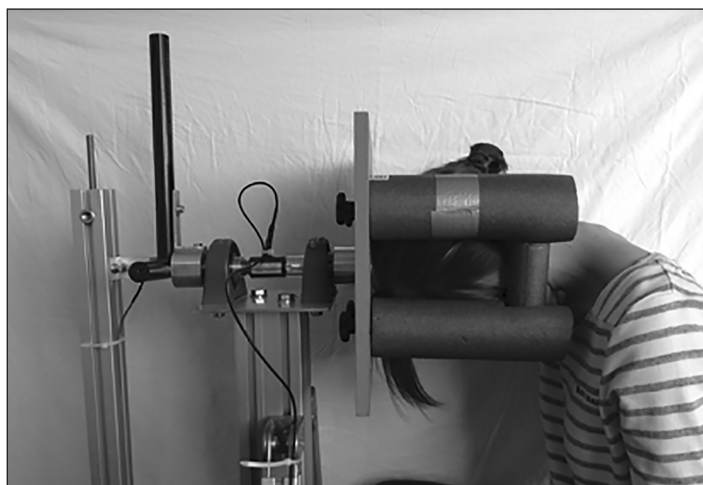
Sur demande du comité d'éthique et pour minimiser les risques vasculaires liés à la rotation de la colonne cervicale, chaque sujet a dû passer avec succès la prise de sa tension artérielle (90/60-140/90 mmHg) ainsi qu'un test de *Wallenberg* <sup>(19,20)</sup>. Lors du test de *Wallenberg*, la tête du sujet est placée dans une position d'extension-inclinaison-rotation pendant 30 secondes, les yeux ouverts. Le test est positif et le sujet exclu s'il y a apparition de vertiges, changements visuels ou nystagmus.

Le protocole a été approuvé par le comité d'éthique de l'hôpital académique (P2014/003, CCB B406201319345) et chaque sujet a signé un formulaire de consentement éclairé.

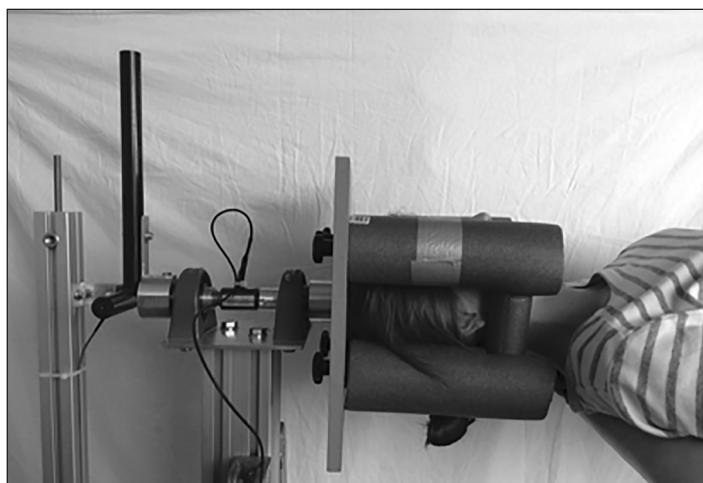
### Matériel et procédure

La rigidité a été mesurée par un appareil déterminant simultanément le moment de force monoaxial (torsionmeter, Ditel Micro-M) et le déplacement angulaire (National Instrument NI USB 6210). La stabilisation de la tête est assurée par un support rigide, fixé à l'appareil, pendant l'expérience, alors qu'un bras de levier permet le déplacement passif du support (Figure 1). Les données sont recueillies par le logiciel Labview software (Labview 2009, Professional Development System - National Instruments) avec une fréquence d'acquisition de 20Hz.

L'expérience s'est déroulée en deux temps : pour l'évaluation de la colonne cervicale supérieure, le sujet était assis sur une table, la nuque fléchie en avant et reposant dans le support (Figure 1). Le degré de flexion n'était pas imposé, pour respecter les conditions physiologiques de chacun des sujets. Pour l'évaluation globale de la colonne cervicale, le sujet était couché sur la table, un coussin sous les genoux, la tête reposant dans le dispositif (Figure 2). Pour les deux évaluations, le sommet de la tête était aligné à l'axe de l'appareil.



> Figure 1 : évaluation du rachis cervical supérieur, en position assise



> Figure 2 : évaluation globale du rachis cervical, en position couchée

D'abord, le sujet effectuait trois rotations actives. Ensuite, un prétest était effectué pour habituer le sujet et lui permettre de se détendre. Enfin, trois rotations de droite à gauche étaient appliquées en continu par l'expérimentateur et enregistrées. Il était également demandé au sujet de garder les yeux fermés pour éviter l'apparition de réflexes oculo-cervicaux.

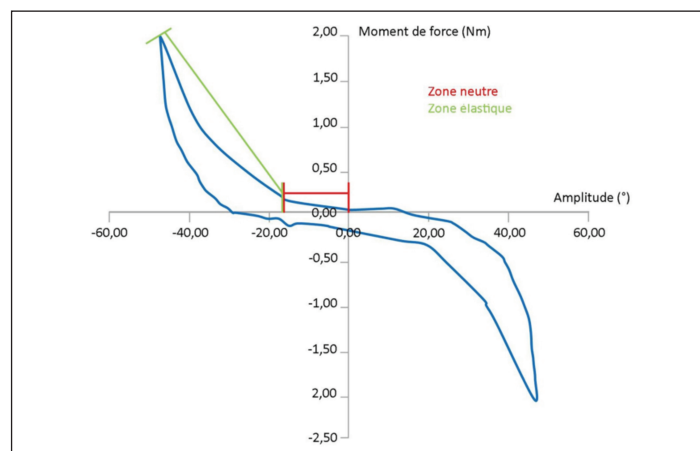
Le fait de commencer par l'évaluation cervicale supérieure ou globale était déterminé aléatoirement.

En vue de réaliser une analyse de la reproductibilité des mesures, trois sessions (deux le même jour et une une semaine plus tard) ont été effectuées par trois expérimentateurs différents sur 5 sujets. Chaque session consistait en 5 mesures.

### Traitement des données

Dans le but d'analyser l'effet de l'âge, les sujets ont été répartis en 4 classes d'âge : de 20 à 29 ans (8 hommes, 12 femmes); de 30 à 39 ans (16 hommes, 7 femmes); de 40 à 49 ans (6 hommes, 13 femmes); de 50 à 59 ans (4 hommes, 8 femmes).

Le traitement des données nous a permis d'obtenir des informations sur une série de paramètres biomécaniques que sont : l'amplitude maximale de rotation active et passive, le moment de force maximal, l'amplitude et le pourcentage de zone neutre (ZN) et de zone élastique (ZE) ainsi que la rigidité, correspondant à la pente de la zone élastique <sup>(11,21,22)</sup> (Figure 3).



> Figure 3 : représentation graphique des données brutes (courbe de tension-amplitude) : rotation gauche et droite (ROM : amplitude de mouvement; MDF : moment de force)

La zone neutre et la zone élastique ont été déterminées visuellement par la cassure de la courbe tension(Nm) - amplitude(°) sur chaque graphique <sup>(11)</sup>. La zone neutre est la plus proche de la position neutre. C'est la partie de la courbe tension-amplitude où il y a peu de résistance au mouvement et une faible force permet un grand déplacement <sup>(22)</sup>. La zone élastique est la partie linéaire de la courbe tension-amplitude. Le point d'inflexion de la courbe indique le début de la zone élastique <sup>(21)</sup>. Certains auteurs notent la présence d'une zone de transition entre la zone neutre et la zone élastique <sup>(21)</sup>.

La pente de la zone élastique (ZE) nous a permis de déterminer la rigidité ou encore le module d'élasticité selon la formule suivante :

$$\text{Rigidité (Nm/°)} = \frac{(\Delta \text{ moment de force}_{ZE})}{(\Delta \text{ amplitude}_{ZE})}$$

ZE: zone élastique

Pour obtenir la rigidité maximale, la pente a été calculée à partir des dix derniers degrés de la zone élastique.

Les données obtenues pour chacune des trois répétitions par sujet ont été moyennées.

### Statistiques

Le calcul de l'écart quadratique moyen (RMS) et du coefficient de corrélation interclasse (ICC) intra-observateur, inter-observateur et intersession ont permis d'évaluer la reproductibilité de nos mesures.

La normalité des données et l'homogénéité des variances ont été vérifiées respectivement par le test de Shapiro-Wilk et de Levene. Une ANOVA à mesures répétées a été utilisée pour déterminer comment les paramètres biomécaniques évoluent en fonction de l'âge, du genre, du type d'évaluation et du côté (SPSS, Statistical Package for the Social Sciences, version 20.0 - International Business Machines).

### Résultats

La reproductibilité des mesures est illustrée dans le [Tableau 1](#) par les RMS et ICC intra- et inter-observateurs, ainsi que les ICC inter-session pour l'amplitude de mouvement, la pente de la ZE, la ZN totale et le moment de force appliqué.

Le coefficient de corrélation interclasse montre une reproductibilité bonne à excellente pour l'ensemble des paramètres (ICC ≥ 0.828) et une reproductibilité bonne à modérée en inter-observateur et inter-session. De manière générale, le RMS est plus élevé en inter-observateur et inter-session sauf pour la pente de la zone élastique.

Les [tableaux 2 et 3](#) représentent les statistiques descriptives en fonction de l'âge et du genre pour l'évaluation régionale et globale, respectivement.

Les résultats de l'ANOVA ([Tableau 4](#)) montrent un effet significatif du type d'évaluation pour tous les paramètres sauf la pente de la zone élastique : les valeurs sont plus élevées pour l'évaluation globale. On n'observe pas d'interaction entre le type d'évaluation et l'âge ou le genre, sauf pour la zone neutre (évaluation\*âge). Il y a un effet significatif de l'âge sur le pourcentage de zone neutre, l'amplitude active et le moment de force appliqué. Concernant le genre, on observe

	Intra-observateur		Inter-observateur		Inter-session	
	ICC	RMS	ICC	RMS	ICC	RMS
ROM (°)	0.924	2	0.785	6	0.744	7
MDF (Nm)	0.938	0.25	0.770	0.58	0.764	0.59
Pente ZE (Nm/°)	0.828	0.03	0.773	0.03	0.683	0.04
ZN totale (°)	0.928	5	0.685	10	0.748	9

› Tableau 1 : reproductibilité de l'évaluation de la rigidité: coefficient inter classes (ICC) et écart quadratique moyen (RMS)  
ROM: amplitude de mouvement; ZE: zone élastique; ZN: zone neutre; MDF: moment de force

	Evaluation du rachis cervical supérieur								
	20-29 ans (n=20)		30-39 ans (n=23)		40-49 ans (n=19)		50-59 ans (n=12)		
	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	
Pente ZE (Nm/°)	D	0.08 (0.02)	0.07 (0.02)	0.07 (0.03)	0.06 (0.02)	0.09 (0.04)	0.07 (0.02)	0.08 (0.01)	0.07 (0.02)
	G	0.07 (0.02)	0.06 (0.02)	0.07 (0.03)	0.05 (0.02)	0.08 (0.03)	0.06 (0.02)	0.06 (0.02)	0.06 (0.02)
% ZN	D	47 (14)	47 (19)	52 (12)	44 (17)	54 (7)	52 (13)	48 (8)	50 (11)
	G	37 (14)	48 (25)	52 (24)	43 (21)	56 (7)	49 (21)	41 (10)	47 (13)
AROM (°)	D	54 (9)	52 (6)	50 (12)	51 (11)	52 (7)	49 (10)	54 (11)	51 (7)
	G	64 (7)	60 (9)	48 (14)	49 (4)	48 (17)	52 (9)	48 (11)	46 (9)
PROM (°)	D	51 (8)	56 (12)	55 (11)	55 (12)	54 (6)	57 (15)	51 (11)	50 (5)
	G	64 (9)	61 (8)	56 (9)	55 (8)	48 (14)	57 (15)	56 (12)	50 (13)
MDF	D	1.57 (0.42)	1.30 (0.34)	1.35 (0.45)	1.23 (0.48)	1.39 (0.47)	1.13 (0.45)	1.33 (0.57)	1.18 (0.38)
	G	1.83 (0.44)	1.56 (0.45)	1.60 (0.63)	1.23 (0.34)	1.40 (0.64)	1.21 (0.39)	1.69 (0.25)	0.97 (0.42)

› Tableau 2 : statistiques descriptives de l'évaluation du rachis cervical supérieur: Moyenne (écart-type)  
ZE: zone élastique; AROM: amplitude de mouvement actif; PROM: amplitude de mouvement passif; ZN: zone neutre; G: rotation gauche; D: rotation droite; MDF: moment de force

une différence pour la rigidité et le moment de force, qui sont plus élevés chez l'homme. Enfin, on observe un effet du côté pour la rigidité, l'amplitude passive et le moment de force.

### Discussion

En clinique, l'examen du rachis cervical comprend une évaluation quantitative et qualitative. Indice de la qualité de mouvement, la rigidité est un paramètre couramment éva-

lué : l'examineur apprécie la résistance au déplacement articulaire. Cette étude vise à étudier la rigidité cervicale en rotation axiale lors d'une évaluation globale et régionale chez des sujets asymptomatiques. Pour cette dernière, c'est le test de flexion-rotation (FRT) qui a été utilisé, sur base de précédentes études (13,14).

La reproductibilité des mesures a été étudiée pour la rigidité, l'amplitude de zone neutre, l'amplitude de mouvement

		Evaluation globale du rachis cervical							
		20-29 ans (n=20)		30-39 ans (n=23)		40-49 ans (n=19)		50-59 ans (n=12)	
		Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme
Pente ZE (Nm/°)	D	0.10 (0.05)	0.06 (0.02)	0.07 (0.02)	0.05 (0.02)	0.08 (0.04)	0.07 (0.02)	0.09 (0.04)	0.08 (0.02)
	G	0.08 (0.02)	0.05 (0.02)	0.07 (0.02)	0.05 (0.01)	0.06 (0.02)	0.06 (0.02)	0.07 (0.02)	0.06 (0.02)
% ZN	D	40 (10)	32 (11)	68 (11)	65 (7)	63 (12)	67 (17)	73 (10)	62 (16)
	G	43 (14)	50 (17)	57 (18)	55 (23)	66 (12)	65 (18)	56 (18)	65 (14)
AROM (°)	D	79 (7)	80 (12)	76 (8)	72 (17)	63 (19)	72 (9)	71 (9)	68 (11)
	G	77 (10)	81 (11)	76 (10)	75 (14)	76 (11)	80 (18)	66 (5)	74 (10)
PROM (°)	D	77 (10)	81 (11)	76 (10)	75 (14)	76 (11)	80 (18)	66 (5)	74 (10)
	G	82 (9)	88 (8)	83 (18)	87 (12)	71 (20)	79 (20)	68 (9)	78 (13)
MDF	D	2.29 (0.46)	1.79 (0.58)	1.77 (0.61)	1.45 (0.58)	1.67 (0.51)	1.49 (0.65)	2.26 (0.84)	1.61 (0.50)
	G	2.18 (0.85)	1.84 (0.48)	2.06 (0.44)	1.51 (0.62)	1.79 (0.74)	1.47 (0.59)	1.92 (1.06)	1.51 (0.56)

› Tableau 3 : statistiques descriptives de l'évaluation globale du rachis cervical : Moyenne (écart-type)

ZE: zone élastique; AROM: amplitude de mouvement actif; PROM: amplitude de mouvement passif; ZN: zone neutre; G: rotation gauche; D: rotation droite; MDF: moment de force

		Régional Global		ANOVA à mesures répétées (Valeurs p)						
		Moyenne (ET)	Moyenne (ET)	Evaluation	Age	Genre	Age* genre	Evaluation *âge	Evaluation *genre	Côté
Pente ZE (Nm/°)	D	0.07 (0.02)	0.07 (0.03)	0.656	0.241	0.001***	0.691	0.371	0.198	0.001***
	G	0.06 (0.02)	0.06 (0.02)							
% ZN	D	49 (13)	58 (19)	0.001***	0.001***	0.727	0.594	0.020*	0.951	0.334
	G	48 (20)	57 (18)							
AROM (°)	D	51 (9)	74 (12)	0.001***	0.008**	0.723	0.818	0.548	0.201	0.059
	G	52 (12)	77 (12)							
PROM (°)	D	55 (11)	77 (12)	0.001***	0.067	0.175	0.829	0.629	0.089	0.023*
	G	57 (12)	81 (16)							
MDF (Nm)	D	1.28 (0.44)	1.75 (0.62)	0.001***	0.033*	0.001***	0.855	0.610	0.442	0.038*
	G	1.44 (0.53)	1.79 (0.64)							

› Tableau 4 : moyennes (écart-types) droites et gauches pour les deux types d'évaluation; Résultats de l'ANOVA ((Valeurs p))

\*p ≤0.05; \*\* p≤0.01; \*\*\*p≤0.001

passif et le moment de force appliqué. Le coefficient de corrélation intraclasse a montré une reproductibilité bonne à excellente pour les 4 paramètres étudiés. En inter-observateur et inter-session, la reproductibilité est modérée à bonne. Ces résultats correspondent à ceux de précédentes études, tant au niveau de la rigidité (postéro-antérieur et en rotation axiale) que de l'amplitude (FRT et rotation axiale) <sup>(12,14,15,23,24,33)</sup>.

Nos résultats montrent que la rigidité semble influencée par le genre et qu'il y a une différence entre la rotation gauche et la rotation droite. Il n'y a pas d'influence du type d'évaluation ou de l'âge.

Les études in vitro qui évaluent la rigidité lors d'un mouvement de rotation n'ont pas mis en évidence de différence en fonction du côté <sup>(11,15,16)</sup>. La seule étude in vivo qui ait été conduite, ne montre ni de différence en fonction du genre, ni du côté de la rotation <sup>(17)</sup>. *McClure et al.* ont étudié la flexibilité ( $^{\circ}/Nm$ ) mais, convertis en rigidité, leurs résultats sont plus faibles que ce que nous avons pu trouver:  $0,042 \pm 0,06 Nm/^{\circ}$  chez l'homme et  $0,049 \pm 0,12 Nm/^{\circ}$  chez la femme. L'étude de la rigidité postéro-antérieure a montré elle aussi une rigidité supérieure chez l'homme <sup>(24)</sup>.

L'absence de différence significative entre la rigidité du rachis cervical supérieur et celle du rachis cervical dans son ensemble pourrait s'expliquer par le fait que 60 à 70 % de la rotation axiale a lieu au niveau du rachis cervical supérieur. Sachant qu'il n'est pas possible d'ignorer la grande participation quantitative mais aussi qualitative de la colonne cervicale supérieure dans le mouvement de rotation axiale, lorsque le but est d'évaluer le rachis cervical inférieur, le praticien devrait plutôt s'orienter vers un mouvement dans un autre plan, comme dans le plan frontal, l'amplitude d'inclinaison étant plus importante que l'amplitude de rotation au niveau du rachis cervical inférieur. <sup>(11)</sup>.

La zone neutre a été étudiée par bon nombre d'auteurs parce que ce paramètre semble l'indicateur le plus sensible de l'instabilité clinique, correspondant à la partie du mouvement où le système de stabilisation passif ostéo-ligamentaire n'a pas ou peu d'influence <sup>(25)</sup>.

*Watier*, en 2006, a résumé les amplitudes de zone neutre in vitro retrouvées dans la littérature pour le mouvement de rotation et obtient une moyenne de 65 % de zone neutre pour chaque niveau vertébral, sauf pour C1-C2 où plus de 75 % du mouvement est réalisé en zone neutre <sup>(11)</sup>.

Ces résultats sont plus élevés que ce que nous avons pu trouver. Il semblerait que la musculature (qui n'est pas présente sur les préparations anatomiques) génèrent une résistance précoce, diminuant l'amplitude de zone neutre où le système de stabilisation ostéo-ligamentaire n'a pas d'influence. Dans notre expérience, l'état de relaxation du sujet n'a pas été contrôlé et a pu avoir une influence également.

In vivo, *McClure et al.* obtiennent, pour le mouvement de rotation, un pourcentage de zone neutre de 66,2 % chez l'homme et 75,3 % chez la femme <sup>(17)</sup>. Nos résultats indiquent un plus faible pourcentage pour le tranche d'âge correspondante,

sans doute parce que *McClure et al.* n'ont pas déterminé la zone neutre graphiquement.

Nos résultats montrent que le pourcentage de zone neutre varie entre les deux types d'évaluation: il est plus élevé en global pour les sujets de plus de 30 ans et plus élevé en régional pour les sujets de moins de 30 ans.

*Nagamoto et al.* étudient les possibles compensations à différents étages vertébraux chez des patients souffrant d'arthrose <sup>(26)</sup>. C5-C6 et C6-C7 sont les étages les plus touchés et leur hypomobilité pourrait causer une hypermobilité ailleurs dans le rachis cervical. Dès lors, on aurait pu observer une différence au niveau de la zone neutre (ou de l'amplitude) en fonction de l'âge et entre les deux types d'évaluation dans nos résultats. Mais au niveau du rachis cervical supérieur, les résultats ne montrent ni augmentation de l'amplitude de rotation, ni augmentation des mouvements couplés, et nos résultats montrent une zone neutre plus petite pour les sujets les plus jeunes pour les deux types d'évaluation.

Une différence entre l'homme et la femme a été mise en évidence pour la rigidité mais pas pour le pourcentage de zone neutre, probablement parce que les propriétés élastiques entrent en jeu dans la zone élastique, où a été calculée la rigidité mais pas dans la zone neutre, où le système passif de stabilisation n'a pas d'influence.

Les amplitudes passive et active varient avec le type d'évaluation: assez logiquement, l'amplitude est moindre lors de la rotation en position fléchie. L'amplitude passive varie avec le côté. L'amplitude active est influencée par l'âge. Le côté influence également l'amplitude active mais seulement pour certains groupes d'âge.

*Dvorak et al.* étudient l'amplitude passive de rotation axiale et de rotation en position fléchie: l'amplitude de rotation axiale diminue avec l'âge à partir de 30 ans mais pas la rotation fléchie. La mobilité du rachis cervical supérieur tend même à augmenter avec l'âge, probablement pour compenser une hypomobilité du rachis cervical inférieur, bien que cette théorie n'ait pas été vérifiée en intersegmentaire <sup>(26,27)</sup>.

Concernant l'amplitude de rotation active, *Feipel et al.* trouvent que l'amplitude de rotation axiale et l'amplitude de rotation fléchie diminuent avec l'âge <sup>(28)</sup>. L'importance des mouvements couplés à la rotation peut expliquer le fait que nous obtenions des amplitudes de mouvement plus faibles: notre appareil ne permet pas de mouvement couplé <sup>(28,29)</sup>. La plupart des auteurs sont d'accord pour dire qu'il n'y a pas de différence de mobilité entre l'homme et la femme <sup>(11,28,30,31)</sup>.

Calculant le pourcentage d'amplitude qui se déroule au niveau du rachis cervical supérieur, on obtient des valeurs correspondant aux 60 à 70 % décrits dans la littérature <sup>(11,30,32)</sup>.

Enfin, nos résultats montrent que le moment de force maximal appliqué varie avec le type d'évaluation et le genre: il est plus élevé lors de l'évaluation globale et plus élevé chez l'homme. Cette dernière constatation correspondant à ce que l'on trouve dans la littérature <sup>(17,24)</sup>.

## Limites

Cette étude présente quelques limites. D'abord, même si la tête du sujet était fixée à un support rigide, de petits mouvements compensatoires du thorax ont pu se produire à la fin du mouvement de rotation. L'expérimentateur est toutefois resté très attentif à cet aspect.

Ensuite, même si la relaxation du sujet était encouragée, il n'y avait pas de contrôle électromyographique, comme proposé précédemment<sup>(17)</sup>.

Il faut noter également que l'on a comparé la rotation en décubitus dorsal et par conséquent en décharge, à la rotation en flexion en position assise. La pesanteur a pu influencer les résultats.

Enfin, l'axe de rotation imposé et passant par le sommet du crâne ne correspondait pas nécessairement à l'axe physiologique de chaque sujet.

## Conclusion

Notre étude a permis de quantifier les paramètres définissant le comportement élastique du rachis cervical supérieur en comparaison avec celui du rachis cervical dans son ensemble en rotation axiale.

Elle met en évidence que la rigidité est indépendante de l'âge entre 20 et 59 ans pour les deux types d'évaluation.

Des paramètres définissant le comportement élastique, seuls la rigidité et le moment de force appliqué diffèrent avec le genre: il est plus élevé chez l'homme ( $p=0,001$ ).

Les amplitudes actives et passives, le pourcentage de zone neutre ainsi que le moment de force appliqué sont statistiquement différents lors de l'évaluation du rachis cervical supérieur par rapport à l'évaluation globale du rachis cervical. La rigidité, elle, ne varie pas entre les deux évaluations, ce qui tend à montrer que l'évaluation globale n'est pas discriminante pour le rachis cervical inférieur, d'un point de vue qualitatif. Dès lors, dans le cadre d'une évaluation manuelle du rachis cervical inférieur, il est raisonnable de penser que le praticien devrait plutôt s'orienter vers un mouvement dans un autre plan. Toutefois, cette hypothèse doit être vérifiée.

Cette base de données du comportement élastique de la colonne de sujets asymptomatiques permettra, dans des travaux futurs, la comparaison avec celui de sujets pathologiques.

## Implications pour la pratique

- La rigidité du rachis cervical supérieur n'est pas différente de celle du rachis cervical dans son ensemble.
- Ceci tend à montrer que l'évaluation globale n'est pas discriminante pour le rachis cervical inférieur, d'un point de vue qualitatif.
- Dès lors, dans le cadre d'une évaluation manuelle du rachis cervical inférieur, il est raisonnable de penser que le praticien devrait plutôt s'orienter vers un mouvement dans un autre plan, le plan frontal semblerait être un choix plus pertinent. Toutefois, cette hypothèse doit être vérifiée.

## Contact

Walid Salem  
Unité de recherche en Ostéopathie  
Faculté des Sciences de la Motricité  
Université Libre de Bruxelles (ULB)  
808 route de Lenni  
CP 640  
1070 Bruxelles, Belgique

[walid.salem@ulb.ac.be](mailto:walid.salem@ulb.ac.be)

## Références

1. Headache classification Subcommittee of the International Headache Society. The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition. *Cephalalgia* 2013;33:629–808.
2. Hogg-Johnson S., van der Velde G., Carroll L., Holm L., Cassidy J., Guzman J., Côté P., Haldeman S., Ammendolia C., Carragee E., Hurwitz E., Nordin M., Peloso P. 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. *J Manipulative Physiol Ther.* 2009;32(2 Suppl):46–60.
3. Biondi D. Cervicogenic headache: a review of diagnostic and treatment strategies. *J Am Osteopath Assoc.* 2005; 105:16S–22S.
4. Fejer R, Kyvik K.O., Hartvigsen J. The prevalence of neck pain in the world population: a systematic critical review of the literature. *Eur Spine J.* 2006;15:834–48.
5. King W., Lau P., Lees R., Bogduk N. The validity of manual examination in assessing patients with neck pain. *Spine J* 2007;7:22–6.
6. Rey-Eiriz G., Alburquerque-Sendin F., Barrera-Mellado I., Martín-Vallejo F., Fernández-delas-Peñas C. Validity of the posterior-anterior middle cervical spine gliding test for the examination of intervertebral joint hypomobility in mechanical neck pain. *J Manipulative Physiol Ther.* 2010;33:279–85.
7. Smedmark V., Wallin M., Arvidsson I. Inter-examiner reliability in assessing passive intervertebral motion of the cervical spine. *Manual Therapy* 2000;5:97–101.
8. Dunning J., Cleland J., Waldrop M., Arnot C., Young I., Turner M., Sigurdsson G. Upper cervical and upper thoracic thrust manipulation versus nonthrust mobilization in patients with mechanical neck pain: a multicenter randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:5–18.
9. Snodgrass S., Rhodes H. Cervical spine posteroanterior stiffness differs with neck position. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2012;22:829–834.
10. Bogduk N., Govind J. Cervicogenic headache: an assessment of the evidence on clinical diagnosis, invasive tests, and treatment. *Lancet Neurol.* 2009;8:959–68.

11. Watier B. Étude expérimentale du rachis cervical : comportement mécanique in vitro et cinématique in vivo [thèse]. Paris : Ensam ; 1997:1–184.
12. Oginc M., Hall T., Robinson K., Blackmore A. The diagnostic validity of the cervical flexion-rotation test in C1/2-related cervicogenic headache. *Man Ther.* 2007 Aug;12:256-62.
13. Hall T., Robinson K. The flexion-rotation test and active cervical mobility - A comparative measurement study in cervicogenic headache. *Manual Therapy* 2004;9:197–202.
14. Takasaki H., Hall T., Oshiro S., Kaneko S., Ikemoto Y., Jull G. Normal kinematics of the upper cervical spine during the Flexion-Rotation Test - In vivo measurements using magnetic resonance imaging. *Man Ther.* 2011;16:167-71.
15. Moroney P. Load-displacement properties of lower cervical spine motion segment. *J. Biomechanics* 1988;21:769-779.
16. Wen N., Lavaste F., Santin J., Lassau J. Three-dimensional biomechanical properties of the human cervical spine in vitro I. Analysis of normal motion. *Eur Spine J* 1993;2:2-11.
17. McClure P., Siegler S., Nobilini R., Three-dimensional flexibility characteristics of the human cervical spine in vivo. *Spine* 1998;23:216-23.
18. McGill S.M., Jones K., Bennett G., Bishop P.J., Passive stiffness of the human neck in flexion, extension, and lateral bending. *Clinical Biomechanics* 1994;9:193-198.
19. European society of cardiology 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. *European Heart Journal* 2013; 34:2159-2219.
20. Westaway M., Statford P., Symons B. False-negative extension/rotation pre-manipulative screening test on a patient with an atretic and hypoplastic vertebral artery. *Manual Therapy* 2003; 8:120-127.
21. Klein P., Sommerfeld P. *Biomécanique des membres inférieurs*. Elsevier, Paris, 2008.
22. Panjabi M. The stabilizing system of the spine. Part II: Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Dis-ord* 1992;5:390 -6.
23. Fletcher J. Intrarater Reliability of CROM Measurement of Cervical Spine Active Range of Motion in Persons With and Without Neck Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38:640-5.
24. Snodgrass S., Rivett D., Robertson V. Measuring the posteroanterior stiffness of the cervical spine. *Manual Therapy* 2008;13:520–528.
25. Panjabi M., Lydon C., Vasavada A., Grob D., Crisco JJ., Dvorak J. On the understanding of clinical instability. *Spine* 1994;19.23:2642-50.
26. Nagamoto Y., Ishii T., Sakaura H., Iwasaki M., Moritomo H., Kashii M., Hattori T., Yoshikawa H., Sugamoto K. In vivo three-dimensional kinematics of the cervical spine during head rotation in patients with cervical spondylosis. *Spine* 2011;36:778-83.
27. Dvorak J., Antinnes J., Panjabi M., Loustalot D., Bonomo M. Age and gender related normal motion of the cervical spine. *Spine* 1992; 17:S393-8.
28. Feipel V., Rondelet B., Le Pallec J., Rooze M. Normal global motion of the cervical spine: an electrogonio-metric study. *Clin Biomech* 1999;14:462-70.
29. Salem W., Lenders C., Mathieu J., Hermanus N., Klein P. In vivo three-dimensional kinematics of the cervical spine during maximal axial rotation. *Manual Therapy* 2013;18: 339–344.
30. Chen J., Solinger A., Poncet J., Lantz C. Meta-analysis of normative cervical motion. *Spine* 1999; 24:1571-1578.
31. Lansade C., Laporte S., Thoreux P., Rousseau M., Skalli, W., Lavaste, F. Three-Dimensional Analysis of the Cervical Spine Kinematics Effect of Age and Gender in Healthy Subjects. *Spine* 2009 ; 26 : 2900-2906.
32. Bogduk N., Mercer S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clinical Biomechanics* 2000;15:633-648.
33. Hall T., Robinson K., Fujinawa O., Akasaka K., Pyne E.. Intertester reliability and diagnostic validity of the cervical flexion-rotation test. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31:293-300.