

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR  
JULIE VERRETTE

LA CORRECTION DES CYPHOSES CERVICALES  
PAR LES TRACTIONNEMENTS BIDIRECTIONNELLES

AVRIL 2007

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	i
REMERCIEMENTS .....	iii
LISTE DES TABLEAUX .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	v
CHAPITRE I .....	1
INTRODUCTION .....	1
Problématique .....	7
REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	8
Développement de la lordose cervicale .....	8
Lordose : un modèle normal pour la colonne cervicale ? .....	9
L'effet du coup de fouet cervical sur la courbure cervicale .....	12
Le processus de guérison .....	15
Réadaptation structurale vs fonctionnelle .....	16
Mobilité articulaire .....	18
Déséquilibre musculaire et posture .....	19
Antériorité de la tête .....	21
Conséquences d'un renversement de la courbure .....	23
Le disque intervertébral, affecté par l'inversion de la courbure .....	25
Vieillessement en lien avec la perte de la courbure cervicale .....	26
Structures nerveuses centrales et périphériques .....	26
Histoire des tractions .....	28
L'application des tractions cervicales .....	28
Mécanisme des tissus mous .....	30
Étirement des tissus mous par les tractions .....	33
Effets physiologiques des tractions cervicales bidirectionnelles .....	33
Le rétablissement de la courbure .....	34
Justifications et contre-indications aux tractions cervicales .....	35
OBJECTIF GÉNÉRAL .....	36
HYPOTHÈSES .....	36
CHAPITRE II .....	37
MÉTHODOLOGIE .....	37
Sujets .....	37
Traitements .....	38
Mesures .....	41
Méthode de mesure de la courbure .....	45
Indice de normalité de la courbure .....	46
CHAPITRE III .....	50
RÉSULTATS .....	50
Fidélité .....	52
Indice de normalité de la courbure .....	52
Translation antérieure de la tête .....	55
Corrélations de Pearson .....	56
Angulation C2-C7 .....	57
CHAPITRE IV .....	60
DISCUSSION .....	60
Patient ayant des données incomplètes .....	62
Patients ayant une cyphose avec antériorité de la tête .....	64
Patients ayant une alordose .....	65

Limites de l'étude .....	67
Biais de sélection .....	67
Devis quasi-expérimental .....	68
CHAPITRE V .....	70
CONCLUSION .....	70
ANNEXE .....	72
TABLEAUX .....	73
RÉFÉRENCES .....	78

## RÉSUMÉ

Le rachis cervical constitue la partie supérieure de la colonne vertébrale. La colonne cervicale détient de nombreux rôles importants dont le maintien de l'équilibre postural, l'orientation dans l'espace, etc. Sa courbure naturelle, ou lordose, a comme fonction, entre autres, de permettre des amplitudes de mouvement importantes et de répartir les tensions de façon uniforme sur tout le rachis cervical.

Une des conséquences anatomiques que peut subir le rachis cervical s'il survient des traumatismes est le redressement de la courbure cervicale (alordose) ou son renversement (cyphose).

Les tractions cervicales bidirectionnelles consistent à corriger une courbure inversée ou à recréer une courbure dans le cas d'absence de celle-ci par l'entremise de courroies et de charges imposant aux structures ligamentaires et osseuses ainsi qu'aux autres tissus avoisinants un puissant étirement durant plusieurs minutes et ce, à plusieurs reprises.

À partir de sujets expérimentaux, nous voulons savoir si les tractions bidirectionnelles s'avèrent efficaces pour la correction des cyphoses et des alordoses cervicales. Un nouvel élément, l'indice de normalité de la courbure, est présenté. Nous avons déterminé si cet indice reflétait avec fidélité la courbure cervicale et s'il mesure une évolution de la courbure avec la progression des traitements. Cette étude a mesuré l'évolution de la courbure cervicale par trois mesures distinctes : le rang des tangentes, l'indice de normalité de la courbure et la translation antérieure de la tête et ce, de façon périodique, à cinq reprises.

Pour vérifier la fidélité inter-évaluateurs ainsi que celle de la méthode de traçage de ligne et d'extraction des données prises à partir des radiographies, l'ensemble des radiographies a été digitalisé par deux évaluateurs.

L'indice de normalité de courbure a permis de quantifier l'évolution donc d'évaluer l'efficacité des tractions bidirectionnelles. Cette étude démontre une évolution favorable de la courbure cervicale chez certains sujets, en particulier chez les sujets souffrant d'alordose. Aucune aggravation de la courbure cervicale n'a été observée en cours d'étude. Les résultats confirment le potentiel d'efficacité des tractions bidirectionnelles pour améliorer la courbure cervicale.

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche, Martin C. Normand, D.C., Ph.D., pour sa contribution à mon apprentissage au monde de la recherche. Je remercie également Amélie Rousseau et Hugo Lapointe pour leur aide considérable au niveau de l'expérimentation et de la compilation des données ainsi que les huit patients qui ont bien voulu se prêter à cette expérimentation.

Un merci spécial à mes ami(e) s qui m'ont supportée moralement dans ce projet, compte tenu des circonstances particulières qui sont survenues. Un remerciement particulier pour ces personnes qui ont commenté, aidé à la rédaction et à la révision : Louise Boisvert V., Laurence Brière et Patrick Morency. Merci à mon fils, Isaak Morency, qui m'a donné le courage et la force de terminer.

Une mention très particulière pour Monsieur Louis Laurencelle, qui m'a grandement soutenu tout au long de la rédaction et sans qui ce projet n'aurait pas été mené à terme.

## LISTE DES TABLEAUX

### Tableaux

	Page
1. Positionnement et angulation de la courroie avant selon le point d'origine de la déviation de la courbure cervicale.....	40
2. Valeurs optimales des mesures pour le rachis cervical.....	44
3. Paramètres des sujets expérimentaux .....	51
4. Données d'évolution de l'indice de normalité de courbure (N) pour les huit participants.....	53
5. Données d'évolution d'antériorité de la tête (Tz) pour les huit Participants.....	56
6. Compilation des corrélations de Pearson (inter évaluateurs).....	57
7. Moyennes des améliorations pour l'angle global C2-C7, pour la translation antérieure de la tête (Tz), et pour l' « Atlas plane line »...	58
8. Mesures périodiques des radiographies en latéral pour un sujet du groupe expérimental.....	73
9. Fidélité inter évaluateur pour la corrélation de rang (r) pour chaque sujet à chacune des évaluations périodiques.....	74
10. Fidélité inter évaluateur pour l'indice de normalité (N) de la courbure pour chaque sujet à chacune des évaluations périodique.....	75
11. Moyennes des améliorations pour l'angle global C2-C7, pour la translation antérieure de la tête (Tz), et pour l' « Atlas plane line ».....	76
12. Mesure de l'angulation C2-C7 pour chaque sujet à trois évaluations périodiques.....	77
13. Mesure de l' « atlas plane line » pour chaque sujet à trois évaluations .....	77



## LISTE DES FIGURES

### Figures

	Page
1. Principe biomécanique des forces et des bras de leviers.....	22
2. Évolution du « creep » pour différent groupe d'âge durant l'extension lombaire de cadavres.....	32
3. Les principales classifications de courbures cervicales .....	43
4. Illustration des tangentes postérieures, de leur rang respectif ainsi que de la direction pour le calcul .....	48
5. Graphique sur l'indice de la courbure en fonction de la progression des traitements de tractions bidirectionnelles.....	54
6. Amplitude angulaire de C2-C7 lors des évaluations périodiques.....	58

## **CHAPITRE I**

### **INTRODUCTION**

L'évolution technologique du 20<sup>e</sup> siècle a transformé l'environnement de l'humain. Habitué à des contraintes physiques beaucoup plus exigeantes, à un environnement de vie plus simple, il doit modifier ses habitudes posturales et physiques pour répondre aux exigences de ce nouveau mode de vie.

Aujourd'hui, l'humain devient donc fonction de son environnement; son bien-être, sa posture, sa condition physique, sont autant de variables influencées par ce qui l'entoure ; l'environnement de travail, les déplacements non seulement motorisés mais en plus effectués à une grande vitesse, le mode de vie sédentaire, etc.

On pourrait penser que le citoyen d'aujourd'hui n'a pas la « qualité » d'environnement de l'homme rural, ou même de l'homme des cavernes. Pas tout à fait ; personne n'échappe à la loi de la gravité, des forces et de la biomécanique. Les problèmes de mécanique du corps humain ont traversé l'histoire ; 4000 ans avant Jésus-Christ,<sup>1</sup> il existaient déjà des traitements pour pallier aux traumatismes, entre autres à ceux du rachis cervical !

Le rachis cervical correspond à la partie supérieure de la colonne vertébrale. La colonne est une structure mécanique complexe faite d'une juxtaposition de 33 unités osseuses édifiées à la verticale, et dont seulement cinq sont soudées dans la portion inférieure de la colonne (sacrum). Elle se déploie en trois principales courbures selon le plan sagittal médian; ces courbes rachidiennes sont importantes du point de vue biomécanique. Elles servent à augmenter la résistance du rachis aux forces de compression axiale.

La formule qui définit cette résistance est : «  $R = n^2 + 1$  »,  $n$  étant le nombre de courbes du rachis.<sup>2</sup> Si le nombre de courbures est maximal, soit trois, on obtient un résultat de dix, ce qui constitue le maximum en termes de résistance. À ce niveau, la mobilité ainsi que la fonctionnalité du rachis doivent être à leur efficacité optimale et les risques de blessures sont réduits considérablement en raison de sa stabilité et sa résistance. Par contre, s'il manque une seule courbure, par exemple  $n = 2$ , on obtient un résultat de cinq; à ce stade, la résistance de la colonne face aux divers types de surcharge (compression, tension, torsion, cisaillement) diminue de moitié. Ces simples calculs démontrent l'importance de considérer les courbures dans l'évaluation d'un patient; car plusieurs symptômes peuvent résulter de ce désordre structural, surtout à long terme.

La colonne cervicale détient de nombreux rôles importants dont le maintien de l'équilibre postural, le contrôle de la vision, l'orientation dans l'espace et la protection de la moelle épinière ainsi que de ses racines nerveuses, etc. La courbure détient comme fonction, entre autres, de maintenir la plateforme visuelle, de permettre des amplitudes de mouvement importantes et de répartir les tensions de façon uniforme sur tout le rachis cervical (sept corps vertébraux).

De toute évidence, corriger l'alignement pour ramener la courbure devient essentiel au fonctionnement adéquat du rachis, mais surtout pour éviter toute dégénérescence des tissus mous et des structures avoisinantes. Les détails sur les causes et conséquences de l'altération de la courbure cervicale seront présentés ultérieurement.

Les douleurs du rachis cervical se définissent comme des symptômes musculo-squelettiques maintenant très répandus ; aux États-Unis, leur prévalence se situe entre 9,5 % et 22,0 %.<sup>3</sup> Parmi les causes les plus fréquentes chez la population

adulte, on retrouve les mauvaises habitudes posturales, l'obésité, les tensions émotionnelles,<sup>4</sup> les traumatismes tel le mécanisme du coup de fouet cervical (CFC, ou whiplash), les blessures dues aux sports violents, les mauvaises positions de travail (poste de travail non ergonomique, mouvements répétitifs, port asymétrique d'objet), les microtraumatismes (chocs répétitifs, conditions inflammatoires, infections), l'hérédité, les maladies congénitales et finalement les maladies dégénératives articulaires.

Une courbure cervicale normale se caractérise par une convexité antérieure dans le plan sagittal ainsi que par une mécanique qui lui offre une grande mobilité. Cette mobilité vertébrale résulte principalement d'une extensibilité optimale des tissus mous avoisinants (ligaments, disques intervertébraux, tendons, muscles, fascias), de la structure même des vertèbres (processus articulaire et transverse) et des types d'articulations qui les relient les unes aux autres.

L'amplitude de mouvement s'exprime dans tous les plans (frontal, transversal et horizontal) ainsi qu'autour des trois axes (x, y, et z) ; ce qui prédispose les vertèbres à une grande vulnérabilité face aux traumatismes. Par exemple, un traumatisme tel le CFC, induit lors d'un accident de voiture, peut provoquer des lésions aux structures articulaires entraînant ainsi de l'instabilité. Des modifications d'alignement de la colonne vertébrale surviennent suite à cette instabilité. Définies comme des dysfonctions structurales ou comme des anomalies posturales, ces modifications d'alignement vertébral peuvent être la source de nombreux symptômes dont la douleur et de processus dégénératifs au niveau des muscles, tendons, ligaments, fascias, disques, articulations, structures osseuses, ainsi qu'au niveau de la moelle épinière et ses racines.<sup>5</sup>

De plus, elles peuvent induire progressivement une incapacité fonctionnelle au niveau du rachis cervical, qui se traduit par des difficultés à effectuer certaines tâches ou mouvements de la vie quotidienne.

Les effets néfastes de ces traumatismes sont malheureusement cumulatifs pour le squelette et la musculature du rachis cervical. Une des conséquences anatomiques est le redressement de la courbure cervicale (alordose), ou pire, son renversement (cyphose). L'alordose est représentée par un alignement rectiligne des corps vertébraux et la cyphose, par une convexité postérieure plutôt qu'antérieure.

Puisqu'il n'existe actuellement que peu ou pas de méthodes efficaces répertoriées dans la littérature pour y remédier, ces anomalies de la colonne cervicale ont été le point d'intérêt de cette étude quasi expérimentale. Les causes sont connues et les conséquences d'un point de vue anatomique et physiologique sont non seulement nombreuses mais aussi dégénératives. Plusieurs conséquences pathologiques à long terme découlent d'un renversement de courbure de la colonne cervicale d'où l'importance de le considérer et de le traiter.

La réadaptation vise globalement l'atténuation de la douleur, le recouvrement de la mobilité et l'amélioration fonctionnelle des parties lésées. Plus spécifiquement, la réadaptation fonctionnelle vise l'amélioration des composantes telles que la force, la flexibilité, l'amplitude articulaire, la proprioception et le système cardiovasculaire. Les traitements peuvent donc inclure un programme spécifique d'exercices de renforcement et d'étirement. Ce type de programme permet l'augmentation de la force et de l'amplitude articulaire, tout en induisant une diminution progressive de la douleur. Par conséquent, les individus traités peuvent constater une meilleure efficacité dans leurs mouvements et une plus grande aisance dans l'accomplissement de leurs activités quotidiennes.<sup>6</sup>

Malgré l'efficacité à court terme des traitements, l'histoire clinique tend à démontrer le contraire à long terme : les symptômes se manifesteront à nouveau. Après un traumatisme, les traitements visent d'abord à atténuer la douleur, souvent aiguë. Cependant, le traumatisme ayant pu modifier la structure cervicale, des problèmes chroniques peuvent apparaître même plusieurs années plus tard.

Serait-il raisonnable de soupçonner que la source réelle du problème reste non traitée ?

Dans le but d'une guérison à court terme (c'est-à-dire atténuation de la douleur et recouvrement de la mobilité), la réadaptation fonctionnelle s'avère efficace pour ramener l'individu à ses occupations quotidiennes le plus rapidement possible. Si la structure osseuse est affectée, par exemple, que l'alignement ou l'angulation des vertèbres est altéré, l'efficacité de la réadaptation fonctionnelle pourrait n'être que partielle et à court terme.

Dans la pratique quotidienne, des thérapeutes s'attaquent aux tissus mous afin de redonner de la mobilité au segment blessé et de retrouver une amplitude normale de mouvement; on étire la musculature hypertonique et on renforce les muscles déficitaires. On peut supposer que ces traitements entraînent une amélioration surtout à court terme, car la fonctionnalité du segment blessé est recouvrée et les symptômes douloureux s'estompent.

Par ailleurs, la réadaptation structurale ajoute à la réadaptation fonctionnelle l'objectif d'atteindre un alignement vertébral optimal ainsi qu'une posture idéale par la correction posturale.<sup>7</sup> Elle vise donc à modifier l'alignement de la structure osseuse, où les tissus mous s'insèrent, afin d'éviter que ceux-ci ne se moulent dans une mauvaise position sur un support osseux altéré.

Ainsi, l'augmentation de l'extensibilité musculaire n'est pas efficace tant que la structure osseuse, servant de point d'insertion du muscle, n'a pas récupéré sa position anatomique normale. Tôt ou tard, le muscle reprendra sa position de rétraction (ou d'allongement, selon le cas) à cause de l'alignement anormal de la colonne. Il faut donc corriger l'alignement ou l'angulation de la structure osseuse, afin que celle-ci retrouve sa courbure anatomique normale permettant à la musculature adjacente de reprendre sa longueur initiale pour soutenir ses fonctions de façon optimale.

À ce jour, peu de systèmes permettent la correction posturale de la colonne; les tractions bidirectionnelles, elles, visent la modification de l'alignement vertébral en trois dimensions.<sup>8</sup> Le traitement proposé dans cet ouvrage s'attaque donc à la source du problème, c'est-à-dire à la correction structurale de la colonne cervicale, plutôt qu'au soulagement des symptômes seulement.

L'utilisation de tractions cervicales bidirectionnelles consiste à corriger une courbure inversée ou à recréer une courbure dans le cas d'absence de celle-ci, par l'entremise de courroies et de charges imposant aux structures ligamentaires et osseuses ainsi qu'aux autres tissus avoisinants, un puissant étirement durant plusieurs minutes et ce, à plusieurs reprises. Au traitement s'ajoutent certains exercices correctifs posturaux pour tonifier ou étirer, selon les besoins, la musculature adjacente permettant ainsi de solidifier cette position optimale.

Selon Harrison, la méthode de réadaptation structurale étudiée, soit « Pope 2-way traction », devrait, avec le temps, atténuer ou éviter les symptômes et la dégénérescence du rachis et redonner à la colonne cervicale sa courbure anatomique normale. Les tractions bidirectionnelles (Pope 2-way traction) sont

utilisées dans les cas suivants : hypolordose ou cyphose avec translation postérieure ou antérieure de la tête, avec symptômes radiculaires.

Le but du traitement vise donc à vérifier si les tractions influencent réellement la biomécanique du cou des sujets, c'est-à-dire si elles rétablissent la courbure cervicale en lordose. Notons que la symptomatologie n'a pas été quantifiée chez nos participants. De plus, un outil de mesure a été développé pour quantifier le degré d'évolution de la courbure. Les cliniciens désirant appliquer, sur leurs patients, les tractions bidirectionnelles, pourront avantageusement utiliser cet outil pour des fins évaluatives et diagnostiques.

### **Problématique**

Nous voulons savoir si les tractions bidirectionnelles corrigent une courbure cervicale renversée ou partiellement renversée. Donc, quelle est l'évolution de la courbure cervicale à travers les traitements de tractions? Comment mesure t'on cette évolution? Les tractions bidirectionnelles appliquées sur une cyphose cervicale sont-elles efficaces?



## REVUE DE LA LITTÉRATURE

Cette section aborde l'importance de la lordose cervicale, les conséquences physiologiques d'une courbure renversée, la mobilité articulaire, les composantes d'une réadaptation fonctionnelle versus structurale, du mécanisme des tissus mous, du déséquilibre musculaire, de la posture, de l'antériorité de la tête, des structures (disques intervertébraux, structures nerveuses et périphériques) ainsi qu'une brève explication du processus de guérison. Suivront l'histoire des tractions, leurs effets physiologiques, leurs applications ainsi que les justifications et contre-indications qu'elles sous-tendent.

### Développement de la lordose cervicale

Selon Bagnall et al<sup>9</sup>, le fœtus développe déjà une courbure cervicale en forme de « C » à environ 9,5 semaines, pendant la période intra-utérine. Sur une étude de 195 fœtus humains, ayant de 8 à 23 semaines, 83 % ont une lordose cervicale bien définie. La courbure cervicale en lordose continue d'évoluer durant le développement moteur de l'enfant lorsqu'il commence à marcher à quatre pattes et qu'il relève la tête afin de regarder où il va.<sup>10</sup> La position érigée (debout) impose des pressions au squelette axial qui s'adaptera pour soutenir la posture lordotique.

La lordose cervicale est anatomiquement déterminée par la forme trapézoïde des corps vertébraux, ceux-ci étant plus minces postérieurement qu'antérieurement. Tous les humains doivent avoir une lordose cervicale : elle dépend du développement fœtal et des divers centres d'ossification vertébraux.<sup>11</sup>

De plus, la courbure en lordose de la colonne cervicale (convexité antérieure) constitue le siège d'un important levier mécanique pour le port de la tête. Elle endosse aussi l'absorption des chocs pour le maintien de l'intégrité de toute la colonne vertébrale.<sup>12</sup>

### **Lordose : un modèle normal pour la colonne cervicale ?**

Plusieurs facteurs semblent affecter l'amplitude de la lordose cervicale; entre autres, certains auteurs proposent des variantes anatomiques tandis que d'autres parlent de causes externes.

Donc, un des principaux problèmes rencontrés avec la définition universellement acceptée d'une lordose cervicale « normale » est la conviction qu'il existe plusieurs variantes anatomiques de ce modèle, pas nécessairement problématiques sur le plan clinique.

Plusieurs études ont tenté de cerner l'étiologie et de comprendre les conséquences cliniques de la perte de la lordose. Elles évoquent, comme causes possibles de la rectitude de la colonne cervicale, des spasmes musculaires, des blessures des tissus mous, des maladies discales dégénératives ainsi que des déviations posturales (dépistées lors des radiographies). D'autres considèrent l'hypolordose et même la cyphose cervicale comme des variantes normales du rachis.<sup>13</sup>

Dans la littérature chiropratique, plus particulièrement en radiologie, d'autres auteurs prétendent que les quatre éléments suivants affaiblissent l'objectif de « lordose normale » comme idéal thérapeutique :

1. Variations anatomiques de l'orientation des facettes articulaires et de la longueur des pédicules favorisant une lordose segmentaire et donc la perte de lordose cervicale.<sup>14</sup>

En 1987, Mac Crae<sup>15</sup> a introduit le concept de l'hyperplasie des piliers

articulaires comme cause possible, congénitale ou développementale, de la perte de la lordose cervicale. Cependant, jamais Mac Crae n'a fourni de références ou de radiographies pour assurer ce qu'il avançait, pas plus qu'il n'a bénéficié de la révision par ses pairs<sup>16</sup> ;

2. Variations de la forme de l'apophyse odontoïde de C2 (axis) causant l'altération de la lordose cervicale ;
3. Présence de spasmes musculaires causant une cyphose ou une hypolordose cervicale ;
4. Des changements légers dans le niveau du palais osseux buccal sur le plan sagittal médian causant une cyphose cervicale et l'apparente correction sur la radiographie après traitement.<sup>17, 18, 19, 20, 21, 22</sup>

La validité des items 1, 3 et 4 fut révisée en 1998 par Harrison et al. Il semble que les données supposant que la forme des surfaces articulaires, les spasmes musculaires et les différentes positions de la tête lors des radiographies, comme explications des modifications de la lordose, soient pure spéculation et ne reposent sur aucune donnée objective.

Selon certains auteurs, il n'existe pas de méthodologie standardisée de mesure. Ils prétendent qu'au moins neuf méthodes différentes permettent de mesurer la lordose cervicale sur radiographie, mais qu'aucune d'elles ne fournit d'information concernant la validité et la fiabilité de ces techniques.<sup>23, 24</sup>

Donald D. Harrison a donc procédé à une revue complète de la littérature sur la signification clinique de la lordose cervicale. Tout d'abord, pour étiqueter une courbure cervicale de « normale », des standards de mesure doivent être utilisés.

Premièrement, peu d'appareils (ex : imagerie de résonance magnétique) peuvent évaluer la courbe cervicale en plan sagittal; les radiographies, étant les plus

accessibles, nous transmettent l'information par rayons « x » et nous permettent d'assurer la précision quant à la position et l'alignement des vertèbres. De plus, plusieurs collèges chiropratiques présentent, dans le cadre des cours de radiologie, la notion que la prise de radiographie dissimule quelques sources d'erreurs incontrôlables telles que : l'imprécision de l'image, la distorsion géométrique de la projection, la position du patient, les variations anatomiques, la localisation des points de références standards et les erreurs dues à l'observateur.<sup>25</sup>

Cependant, une importante revue de littérature sur le sujet a démenti certains de ces faits : les spasmes musculaires, l'hyperplasie facettaire (variations anatomiques) et le positionnement du patient n'altèrent pas l'alignement dans le plan sagittal. La posture du patient et sa position démontrent un niveau de fidélité très élevé.

Deuxièmement, pour les besoins de standardisation, une seule procédure pour le positionnement du patient doit être utilisée lors des radiographies: debout, en position latérale neutre. La position assise est à éviter; elle implique une trop grande variabilité de posture chez les sujets. Les consignes doivent être les mêmes et données par la même personne.

Troisièmement, pour la collecte des données sur la lordose cervicale, le positionnement de l'appareil radiographique doit être le même. La fidélité de l'ensemble de ces procédures concernant les radiographies fut révisée par Harrison et al. en 1998<sup>26</sup>, en 2000<sup>27</sup> et en 2002<sup>28</sup> et s'avèrent excellentes. La méthode utilisée pour le traçage de lignes sur radiographie doit, quant à elle, s'avérer d'une bonne fidélité. De plus, dans la littérature chiropratique et orthopédique, il existe au total huit méthodes utilisées pour analyser la lordose cervicale par tracés sur radiographies.<sup>29</sup>

### **L'effet du coup de fouet cervical sur la courbure cervicale**

Le coup de fouet cervical (CFC) demeure l'une des principales causes du renversement de la courbure cervicale. Il survient lors d'un accident de la route au moment où le sujet subit un impact par derrière et ce, à haute vitesse : la tête du sujet est violemment projetée vers l'avant au moment de l'impact, puis brutalement retournée vers l'arrière, arrivée au bout de sa course. Ces mouvements d'hyperflexion de la tête suivie d'une hyperextension ne sont pas sans provoquer des déchirures micro ou macroscopiques au sein des nombreux ligaments et disques intervertébraux. Il en résultera une réaction inflammatoire aiguë avec une intensité variable mais pouvant évoluer vers la chronicité de symptômes.<sup>30</sup>

En 1995, l'incidence annuelle de blessures par CFC au Québec était de 70 par 100 000 habitants et de 84 à 188 par 100 000 habitants aux Pays-Bas.<sup>31</sup> En 1995, on estimait à 2,5 millions le nombre de cas aux États-Unis et à environ 250 000 au Canada. Environ 20 % de ces accidentés développeront des symptômes chroniques.<sup>32</sup> Selon

DePalma et Subin ont trouvé que sur 386 victimes de CFC, 84 % présentaient une rectitude ou un renversement d'un segment seulement ou de la colonne cervicale au complet. Selon une étude d'Harrison, 78 % des patients ayant vécu un CFC présentent une perte de la lordose cervicale.<sup>33</sup> La diminution de la lordose (hypolordose) semble donc se produire cinq fois plus souvent et le renversement de la courbure (cyphose), trois fois plus souvent, chez les victimes de CFC que chez les sujets normaux.<sup>34</sup>

Plusieurs autres conséquences ou blessures graves peuvent survenir suite à l'accident : contusion au cerveau, troubles à l'articulation temporo-mandibulaire,

fractures de compression vertébrale (C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, et T<sub>1</sub>), rupture d'un disque intervertébral, rupture ou hémorragie d'un muscle, étirement ou déchirure des ligaments longitudinaux antérieur et postérieur et interépineux, des capsules articulaires, du ligamentum flavum (ligament sus-épineux) et le pire, fracture de l'odontoïde avec écrasement de la moelle entraînant la quadraplégie et l'arrêt respiratoire.

Quant aux symptômes, ils sont très diversifiés. Voici les plus fréquents : photophobie, acouphène, nausées, paresthésie, déficit de concentration, d'attention et de mémoire.<sup>35</sup>

Le siège de douleurs le plus fréquent associé au coup de fouet cervical se situe au niveau des facettes articulaires intervertébrales ce qui, avec le temps, installe une douleur chronique à la nuque. D'autres syndromes pourraient s'ajouter tels que les douleurs myofasciales et la fibromyalgie. Ces problèmes physiques engendrent également des troubles psychologiques à divers degrés : dépression, concentration sur la douleur, somatisation, fatigue. À leur tour, ces difficultés psychologiques abaissent le seuil de la douleur et augmentent l'inconfort et l'insatisfaction du sujet atteint.<sup>36</sup>

D'après le Québec Task Force (Spitzer et al 1995), le CFC pourrait se définir ainsi : un mécanisme d'énergie transférée au cou suite à une accélération-décélération. On le retrouve aussi dans la pratique de certains sports à risques comme le football, le hockey, la planche à neige, le ski alpin, enfin toutes les activités où les chutes et les contacts sont multipliés. En ce qui a trait aux accidents de la route, 80% des cas impliquent un impact à haute vitesse.

Dans la plupart des cas, les victimes ne développent pas de symptômes et celles qui en développent ne deviennent pas symptomatiques de façon chronique. Cependant, les symptômes apparaissent souvent plusieurs heures après l'impact. Un

retard de l'apparition des symptômes est un phénomène très fréquent et bien documenté. Bien que, chez la majorité des cas, les symptômes apparaissent durant la première semaine, il n'est pas rare d'observer des délais de plusieurs mois et, voire dans certains des cas, des années.

Après un CFC, selon les articles de presse de Bogduk et Teasell, approximativement 80 % des victimes symptomatiques voient leurs symptômes se dissiper dans les douze mois suivant l'événement. Au-delà de cette période, entre 15% et 20% demeureront symptomatiques et autour de 5% seront sérieusement affectées. Dans une grande proportion des cas, la guérison surviendra entre trois et six mois après l'accident.

Des données issues de la SAAQ (Société de l'assurance automobile du Québec) en 1987 et révisées par le Québec Task Force font ressortir les chiffres suivants relativement à la guérison : Après 1 mois, 50% des victimes atteignaient la guérison, après 2 mois, c'était 64%, après 6 mois, 87% et après 12 mois, 97%.<sup>37</sup>

On y apprend que 0,4% des victimes ont été assignées à un programme de réadaptation par la SAAQ. Du total des victimes, 61,5% s'absentent du travail pour une période de deux mois ou moins, 26% pour une période de deux à six mois, 10,6% pour une période s'étalant de six à douze mois et 1,9% reçoivent une indemnité pour incapacité au-delà de douze mois.

Sauf exception, l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) est affectée seulement lorsqu'il y a un traumatisme au visage ou à la mâchoire. Lorsque l'ATM est touchée sans trauma au visage ou à la mâchoire, cela s'explique par des troubles déjà existants à l'articulation, aux muscles de la mastication ou à la mobilité mandibulaire.<sup>38</sup>

Au Québec, près de 20% des réclamations à la SAAQ proviennent d'une condition relative à un CFC ce qui rend cette blessure la plus fréquente en termes de réclamations. En Colombie-Britannique ainsi qu'en Saskatchewan, cette proportion passe à 68% et 85% respectivement.<sup>39</sup>

Si le conducteur ne voit pas venir l'accident, le mécanisme réflexe de protection par la musculature cervicale n'est pas activé et la force induite est immédiatement et complètement transférée aux ligaments et aux disques. Les muscles les plus affectés sont le sternocléidomastoïdien, reliant principalement l'apophyse mastoïde à la clavicule et au sternum ainsi que le longus colli, ayant de multiples origines et insertions entre C1 et T4.

### **Le processus de guérison**

La guérison des patients ayant subi un CFC s'accompagne de la disparition partielle ou complète des symptômes ainsi que du recouvrement d'une amplitude articulaire normale. Même si la structure (alignement de la colonne cervicale) du patient fut affectée lors de l'accident, les symptômes peuvent disparaître. À court ou moyen terme, l'individu peut recouvrer un niveau de fonctionnalité semblable à celui avant l'accident grâce à une réadaptation fonctionnelle efficace.

Par contre, des radiographies cervicales ont-elles été prises avant et après l'accident? Une correction structurale est-elle nécessaire même si l'on prétend que la guérison est complétée, à 97 %?

Certaines études énoncent que ces victimes subissent un renversement segmentaire partiel ou complet de la colonne cervicale et que ces anomalies engendrent à long terme une quantité impressionnante de complications.



Pour évaluer l'amélioration de l'état du patient, voire pour confirmer la guérison, le clinicien mesure l'amplitude articulaire du rachis cervical. Cela s'effectue par l'exécution de certains mouvements : une flexion-extension de l'ensemble du rachis cervical (tête et cou) par référence au plan masticateur devrait totaliser environ 130°, une flexion latérale devrait atteindre 45° de chaque côté ainsi qu'une rotation totale de la tête devrait atteindre entre 80° et 90° également de chaque côté<sup>40</sup>

Une amplitude articulaire peut sembler tout à fait normale lors d'une flexion latérale de la tête, par exemple. Ainsi, plusieurs patients sont considérés guéris alors que, structurellement, le problème est toujours existant. Ce mouvement apparemment fluide et complet peut cependant dissimuler des segments fixés combinés à des segments adjacents trop mobiles. La mobilité cervicale dépend de la configuration de chacune des sept vertèbres et des types d'articulations qui les relient. Si une unité vertébrale (deux vertèbres et les articulations qui les relient) est fixé pour une raison quelconque, les segments adjacents vont compenser en ayant une plus grande mobilité. Ils deviennent donc plus vulnérables aux traumatismes ou aux mauvaises postures du rachis cervical.

### **Réadaptation structurale vs fonctionnelle**

« La structure détermine la fonction ». La relation entre la structure et la fonction d'un objet ou d'un système est démontrée dans plusieurs domaines tels que l'ingénierie, la physique, la chimie, l'anatomie ou la physiologie. La colonne cervicale n'y fait pas exception.<sup>41</sup> Voici quelques exemples d'études faites sur le sujet.

1) En 1996, Walmsley et al trouvèrent que l'ampleur de la rotation axiale de la colonne cervicale est fonction de sa posture en plan sagittal. Les sujets avaient la colonne cervicale positionnée dans cinq postures différentes dans ce même plan ; en

position neutre, en position de flexion, en position d'extension, la tête placée en translation antérieure et, finalement, la tête placée en translation postérieure. La rotation axiale fut initiée à partir de ces cinq positions. Une importante diminution de la rotation axiale fut remarquée lorsque la courbure de la colonne cervicale était altérée.<sup>42</sup>

2) Dans une étude de Mayoux-Benhamou et Revel,<sup>43</sup> quinze sujets furent évalués dans trois différentes positions ; en flexion, en extension ainsi qu'en position neutre. La force isométrique des muscles extenseurs, mesurée dans ces trois positions, fut estimée à l'aide de l'EMG (électromyogramme). Les positions en flexion ainsi qu'en extension révélèrent une diminution de l'efficacité des muscles extenseurs, la flexion obtenant la pire réponse. Ils conclurent que la posture en flexion de la tête augmente le bras de levier, créant ainsi un moment de force plus élevé au niveau de la colonne cervicale et induisant une augmentation de la longueur des muscles extenseurs. Cette succession d'évènements conduit à une force musculaire détériorée.<sup>44</sup>

3) Watson et Trott<sup>45</sup> découvrirent que les sujets souffrant de maux de tête et possédant une translation antérieure de la tête connaissent une diminution de l'endurance musculaire ainsi que de la force isométrique, comparés aux sujets sans maux de tête et sans translation antérieure de la tête.<sup>46</sup>

4) Selon plusieurs publications, il existe une relation entre l'extension des hautes cervicales et la morphologie du conduit respiratoire. Les individus possédant une réduction de l'extension des hautes cervicales se retrouvent avec une diminution du diamètre des conduits respiratoires; cela conduit à une apnée lors du sommeil.<sup>47</sup>

## **Mobilité articulaire**

La perte de mobilité d'une articulation suite à une blessure est un problème très fréquent pouvant s'expliquer par deux phénomènes :

1. la résistance passive des tissus conjonctifs inertes (ex : ligament et capsule articulaire);
2. la résistance à l'étirement des tissus contractiles ou musculotendineux (ex : muscles).

Si l'articulation ne subit aucune mobilisation ou réadaptation, l'articulation peut devenir hypomobile et éventuellement, démontrer des signes de dégénérescence.<sup>48</sup>

Le processus de réadaptation passe donc obligatoirement par la biomécanique articulaire. Il existe deux types de mouvements concernant l'articulation :

1. le mouvement physiologique, résultant d'une contraction musculaire active (en concentrique ou en excentrique);
2. le mouvement accessoire.

Le premier type permet aux os de bouger autour d'un axe ; il peut en résulter, dépendamment de l'articulation, une flexion, une extension, une abduction, une adduction ou une rotation. Le second type réfère à la manière passive dont une surface articulaire bouge par rapport à une autre. Le mouvement physiologique est volontaire (cortex moteur), tandis que le mouvement accessoire accompagne normalement le premier. Les deux se produisent simultanément, l'accessoire ne pouvant être activé indépendamment.

Une composante accessoire normale doit permettre un mouvement physiologique de pleine amplitude ; s'il existe une restriction, le mouvement physiologique ne s'effectue pas normalement. Un muscle ne peut donc pas être complètement

réadapté si les articulations qu'il fait bouger n'ont pas leur pleine liberté en termes d'amplitude de mouvement.<sup>49</sup>

C'est pourquoi, lors d'une réadaptation fonctionnelle, si l'on ne fait travailler que les tissus mous et que l'articulation n'est pas mobilisée d'une quelconque façon (soit par une thérapie manuelle, par traction ou autres), on peut se permettre de croire que le problème n'est pas réglé à la source, c'est-à-dire au niveau même de l'articulation. La mobilisation ainsi que les tractions axiales au niveau des articulations induisent des mouvements passifs aux surfaces articulaires. Ces techniques permettent : d'atteindre une amplitude de mouvement actif normale, de rétablir les mouvements passifs, de réaligner ou de repositionner l'articulation, de réintégrer une distribution normale des forces et des stress et de réduire la douleur.<sup>50</sup>

Plusieurs études affirment que des patients souffrant de douleur chronique au cou démontrent cliniquement une diminution significative de l'amplitude des mouvement cervicaux.<sup>51, 52, 53, 54</sup>

### **Déséquilibre musculaire et posture**

Le rôle des muscles est d'assurer le soutien des structures osseuses et de permettre le mouvement. Tout muscle doit être suffisamment extensible pour permettre une mobilité normale des articulations et suffisamment fort pour assurer une tension permettant de contribuer efficacement à la stabilité articulaire. Les muscles cervicaux détiennent donc des fonctions d'ordre postural et dynamique en vue d'assurer cette stabilité et cette mobilité de la colonne cervicale.<sup>55</sup>

Une musculature hypertonique (exagération du tonus musculaire) se caractérise souvent par un manque d'extensibilité et une musculature hypotonique (l'inverse), par une extensibilité musculaire accrue. Un déséquilibre musculaire se définit donc

par l'hypertonie d'un muscle et par l'hypotonie du muscle qui l'oppose dans l'action.

Par exemple, si les fléchisseurs cervicaux sont forts et raccourcis, et que les extenseurs cervicaux sont faibles et allongés, on est en présence d'un déséquilibre musculaire. Par conséquent, on observe au niveau du segment osseux où s'insèrent les muscles concernés, une position statique différente de la position anatomique normale. Ce phénomène engendre donc le développement d'anomalies posturales et une mécanique inadéquate des articulations concernées<sup>56</sup> et il peut induire un dysfonctionnement au niveau de la mobilité segmentaire. Les articulations souffrent beaucoup de ces anomalies, entre autres à cause d'une tension accrue et du manque de mobilité.

Autre condition : une mauvaise posture peut prédisposer un individu à une blessure chronique, autant qu'une blessure chronique peut conduire à une mauvaise posture. Des individus, affligés de douleur ou d'inconfort, peuvent modifier leur posture par compensation et ainsi adopter une position anatomique anormale. Cette nouvelle posture, dite anormale, entraîne habituellement une tension ou surcharge sur les structures et tissus mous avoisinants. Selon Hiemeyer et al., un défaut d'alignement postural peut être directement ou indirectement responsable de syndromes vertébraux pouvant causer la douleur.<sup>57</sup>

D'autre part, une mauvaise posture a de nombreux effets sur le système neuromusculaire (os, ligaments, disques, muscles, et système nerveux central). Ces effets sont causés par les stress gravitationnels ainsi que par les asymétries musculaires.

La condition physique d'un individu repose entre autres sur une extensibilité musculaire suffisante; celle-ci s'acquiert et se conserve par des séances d'étirements fréquentes et régulières. Plus un muscle travaille, soit par l'entraînement, soit par un

travail répétitif, soit par une position prolongée ou par une mauvaise habitude posturale, plus il risque de devenir hypoextensible et raccourcit si on ne l'étire pas.

Par ailleurs, les déséquilibres musculaires semblent fréquents chez plusieurs individus. La correction des dysfonctions biomécaniques devient par conséquent un moyen de prévenir les incapacités fonctionnelles pouvant survenir ou pour tout simplement minimiser la douleur déjà installée. Selon plusieurs auteurs, des corrections de posture, plus spécialement dans le plan sagittal, ont aussi des effets directs et indirects sur le système nerveux ainsi que sur les structures associées.<sup>58, 59, 60, 61</sup>

En 1999, Harrison et al. ont effectué plusieurs revues de littérature concernant la contribution des anomalies posturales sur les déformations du système nerveux central.<sup>62, 63, 64</sup> Si une posture anormale détient deux composantes, soit le désalignement de la colonne vertébrale et l'interférence au niveau des nerfs, elle pourrait donc affecter le système nerveux.<sup>65</sup>

### **Antériorité de la tête**

Une étude expérimentale sur des sujets asymptomatiques démontre l'existence d'un lien entre le port antérieur de la tête, la posture et la courbure de la colonne cervicale. L'analyse confirme qu'il existe une relation statistiquement significative : un port antérieur de la tête est plus souvent associé à une courbure partiellement renversée, tandis qu'une posture normale de la tête (alignée avec la ligne verticale passant par le tragus de l'oreille) est associée à une courbure en lordose.<sup>66</sup>

D.D. Harrison explique cette contrainte anormale du rachis cervical de la façon suivante : l'antériorité de la tête constitue une translation antérieure dans l'axe Z (TzH+) de la colonne cervicale. En considérant, d'un point de vue biomécanique la

formule suivante :  $M = F \times B$  où  $F$  est la force (appliquée ou résistante),  $B$  est le bras de levier et  $M$ , le moment de force correspondant à l'effort déployé pour garder la tête en équilibre dans un mouvement de rotation horaire ou anti-horaire.<sup>67</sup>

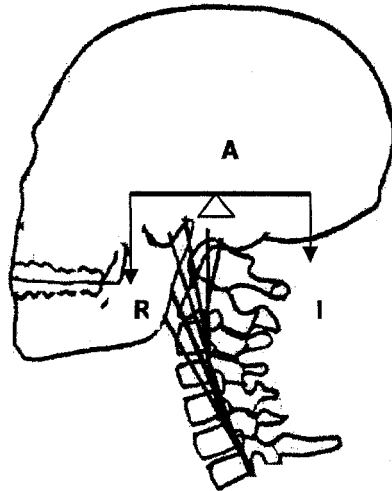


Figure 1. Principe biomécanique des forces et des bras de leviers.

$F_1 \times B_1 = R_2 \times B_2$ , où  $F$  et  $R$  sont force et résistance et  $B$  le bras de levier de chacune des forces séparées par le point d'appui,  $A$ . Pour que les forces soient égales, c'est-à-dire que la tête soit dans une position d'équilibre, il faut que  $F$  multiplié par la longueur de son bras de levier soient égales à  $R$  multiplié par la longueur de son bras de levier. Donc, plus le bras de levier de résistance ( $R$ ) est long (donc,  $R \times B$  est grand), plus l'effort déployé pour soutenir la charge (dans ce cas-ci, la tête) doit être élevé. Par conséquent,  $F$  représenté par les muscles du cou et de la tête, doivent suffisamment fort pour soutenir la charge effective et non absolue.

La charge effective, dans un cas de translation antérieure peut faire deux à trois fois le poids de la tête.

Caillet montre que, si le poids de la tête est de dix livres, pour chaque pouce de translation antérieure de la tête, dix livres seront ajoutées à l'effort du mouvement

volontaire. Par conséquent, cette contrainte découlant d'un défaut postural produit une forte augmentation de l'effort musculaire des extenseurs de la tête afin de compenser pour cette surcharge antérieure<sup>68</sup> et de maintenir la tête en verticalité. Cette réaction musculaire peut, progressivement, installer une cyphose cervicale (inversion de la courbure) ainsi qu'induire le processus de douleur et de fibrose musculaire.<sup>69</sup>

L'antériorité de la tête couplée à une rotation négative dans l'axe des x (flexion du cou et extension de la tête) produit une extension excessive au niveau des hautes cervicales (occiput à C3) tandis que les basses cervicales (C4 à C7) subissent une flexion; l'extension crée un stress important sur la partie postérieure des corps vertébraux et sur le ligament longitudinal antérieur, tandis que la flexion, elle, en crée sur la partie antérieure des corps vertébraux et sur le ligament longitudinal postérieur.

Donc, l'antériorité de la tête, en provoquant beaucoup de tension musculaire, augmente les stress de compression sur la partie antérieure des corps vertébraux cervicaux en plus d'étirer inutilement les deux ligaments longitudinaux. Par compensation, les portions antérieures des vertèbres cervicales développeront des ostéophytes (excroissances osseuses), signes visibles sur les radiographies, qui apporteront leur lot de symptômes.<sup>70</sup>

### **Conséquences d'un renversement de la courbure**

Les conséquences d'une lordose diminuée, d'une perte complète de lordose, d'une hyperlordose localisée ainsi que d'une cyphose cervicale sont nombreuses : spasmes musculaires, dérangements ligamentaires,<sup>71</sup> lésions des disques intervertébraux,<sup>72</sup> dérangements des facettes articulaires intervertébrales,<sup>73</sup> ainsi que



l'arthrose.<sup>74</sup> Les désordres de la colonne cervicale incluent également de la douleur au cou, avec ou sans irradiations aux membres supérieurs, des maux de tête,<sup>75</sup> des dysfonctions neurophysiologiques, des étourdissements et parfois même des vertiges.

Hardacker et al. démontrèrent qu'une cyphose cervicale segmentaire constitue un facteur de risque pour les douleurs cervicales ; une des études montre que 35 % des 250 sujets symptomatiques affichent des déformations de la colonne cervicale (cyphose) tandis qu'une autre démontre une incidence de 39 % de cyphoses et d'alordoses chez les sujets se plaignant de cervicalgies.<sup>76</sup>

Nagasawa, Vernon et al. ont étudié la relation entre la courbure cervicale, les céphalées de tension et les migraines. Les résultats suggèrent qu'une alordose ou une courbure renversée peuvent conduire à l'augmentation de l'incidence des céphalées.<sup>77</sup> Par ailleurs, Schoensee et al. rapportent des effets bénéfiques par la mobilisation articulaire.<sup>78</sup>

Les céphalées constituent l'une des principales raisons de consultations médicale des Américains.<sup>79</sup> On estime que 50 millions d'Américains ont souffert de maux de tête chroniques affectant environ 70 % de leurs activités quotidiennes.<sup>80</sup>

Une enquête descriptive explore la prévalence et la nature des dysfonctions cervicogéniques chez des sujets souffrant de céphalées de tension (MCH pour « muscle contraction/tension-type headache ») et de migraines (CM pour « common migraine »). Tous les sujets avaient des douleurs localisées aux niveaux occipital et frontal ainsi qu'au niveau du cou et du haut du dos. Sur les 47 sujets âgés de 18 à 55 ans, hommes et femmes, 77 % de tous les sujets et 89 % des femmes exhibaient une réduction, une absence ou un renversement de la courbure cervicale. De plus, les sujets MCH ainsi que les CM obtiennent une prévalence élevée de : douleur au niveau du cou et de l'occiput durant les maux de têtes, de points de tension (tender

points) dans la région des hautes cervicales, de réduction ou absence de la courbure cervicale, de dysfonctions des articulations au niveau des hautes et des basses cervicales, visiblement apparentes sur radiographie.<sup>81</sup>

Lui et Dai ont trouvé que la position de la colonne cervicale étant la plus vulnérable aux traumatismes est celle où le rachis cervical est alordotique et en flexion.<sup>82</sup> Pal et Sherk ont déterminé que dans les cas d'alordose, 64 % du poids de la tête est transmis aux processus articulaires supérieur et inférieur et seulement 36 % est transmis au corps vertébral ; ce devrait être l'inverse. Une diminution de la lordose semble donc enlever à la colonne vertébrale son habileté à répartir efficacement les forces de compression aux structures vertébrales.<sup>83</sup>

### **Le disque intervertébral, affecté par l'inversion de la courbure**

Les disques intervertébraux possèdent deux fonctions principales : permettre et limiter la mobilité entre deux vertèbres adjacentes ainsi que distribuer le stress uniformément sur le corps vertébral en agissant comme une masse semi fluide.<sup>84</sup> Sous une charge asymétrique, induite par une mauvaise posture par exemple, le disque transmet la tension de façon inégale. Il en résulte que du côté concave, l'anneau fibreux et le cortex osseux du corps vertébral deviennent exposés à une importante surcharge de compression (disque écrasé).

Le disque est constitué de deux parties ; le noyau pulpeux (fait de 88 % d'eau et d'une petite quantité de fibres de collagènes, très hydrophiles), ainsi que de l'anneau fibreux (fait d'une succession de couches fibrocartilagineuses). Le noyau est donc enfermé dans une loge inextensible ; son état d'hydrophilie le fait gonfler dans cette loge créant une pression même quand le disque n'est pas chargé. Cet état est dit de « pré-contrainte » et permet au disque de mieux résister aux efforts de

compression et d'inflexion. Avec l'âge, le noyau perd ses propriétés hydrophiles (il se déshydrate), sa pression interne diminue, ce qui fait disparaître l'état de pré-contrainte. Ce processus, avec d'autres, participe à la perte de souplesse du rachis associé au vieillissement.<sup>85</sup>

Du vieillissement découlent plusieurs phénomènes de dégénérescence : diminution des fibres de l'anneau fibro-cartilagineux, diminution de l'eau dans le noyau, diminution de la hauteur entre les vertèbres, diminution de la dimension du trou intervertébral, diminution du tonus musculaire et diminution de l'élasticité ligamentaire.

### **Vieillessement en lien avec la perte de la courbure cervicale**

Une position en flexion prolongée, induite par un port antérieur de la tête ou une courbure inversée de la colonne cervicale, peut aussi provoquer une perte de pression hydrostatique du noyau du disque à cause de la compression inégale.

L'augmentation de stress mécanique asymétrique sur le disque entraîne celui-ci vers un processus dégénératif. En plus d'une perte d'eau, on constate une dégénérescence des éléments fibreux, ce qui entraîne des fissures et inévitablement une faiblesse de l'anneau. Le noyau peut donc plus facilement se déplacer. Le tout combiné à une faiblesse ligamentaire, on se retrouve avec un état mécanique proche de celui des hernies discales. De plus, au cours de cette réingénierie réactionnelle, on note la libération locale de substances à propriétés nociceptives.<sup>86</sup>

### **Structures nerveuses centrales et périphériques**

« Une posture anormale affecterait le système nerveux », Alf Breig a révisé<sup>87, 88,</sup>

<sup>89</sup> et a fait ressortir quelques constats.

Plusieurs de ses études révèlent que la flexion de la tête ainsi qu'une courbure cervicale inversée mettent en tension la moelle épinière cervicale, certains nerfs crâniens bulbaires et leurs racines, de même que le bulbe rachidien.<sup>90</sup> Même si ce mouvement physiologique (flexion) est habituellement bien toléré, la moelle et les racines nerveuses peuvent en être affectées soit par la saillie d'un disque (début d'une hernie) ou par un ostéophyte. Il a aussi démontré que l'extension du cou pouvait détendre en quelque sorte la moelle épinière.<sup>91</sup>

Les quatre types de mise en charge (tension, compression, cisaillement et pliage) imposés aux tissus nerveux paravertébraux sont associés à des anomalies posturales (rotation et translation), habituellement décelées en présence de renversement de la courbure cervicale. Ces mises en charge augmentent la surcharge anormale sur la colonne, qu'elle soit au repos (position statique) ou en mouvement.

Selon Breig, l'augmentation de la tension sur le canal vertébral pourrait être la cause la plus courante de dysfonctions neurologiques. Cette tension créée sur le canal ne peut se faire qu'en position inversée de la colonne cervicale. Le canal vertébral est anatomiquement formé pour suivre la courbe en lordose, position normale du rachis. Il a aussi démontré que l'extension de la tête diminue la pression sur les vaisseaux sanguins locaux, ce qui augmente l'irrigation sanguine des tissus. En position de flexion (tête antérieure avec/ou cyphose cervicale), l'étirement des vaisseaux est tel que leur diamètre est grandement diminué, ce qui réduit l'apport sanguin au rachis cervical.<sup>92</sup>

## **Histoire des tractions**

Les premières tractions furent inventées par Hippocrate, un grand médecin de l'Antiquité grecque (environ 300 ans avant Jésus-Christ); l'appareillage rudimentaire était fait de bois et de fer.

Le but était d'étirer les muscles et les ligaments afin de provoquer un réalignement spontané de la colonne, un peu comme on procède en orthopédie pour traiter une dislocation articulaire. Des tractions plus complexes firent leur apparition dès le début du 20<sup>e</sup> siècle, coïncidant avec l'invention de l'automobile. Les accidents de voiture, en soumettant les gens à des impacts de haute vitesse, créaient beaucoup plus de blessures au cou. À cette époque, il existait trois usages médicaux des tractions : les fractures, les dislocations et autres différentes conditions pouvant affecter le rachis cervical (douleur, radiculopathie et spondylolyse)<sup>93</sup> nécessitant un traitement conservateur.

Breig fut le premier à écrire sur l'utilisation des tractions en extension et Pettibon fut la première référence chiropratique pour ce type de traction. Plusieurs thérapeutes, dans leur pratique, utilisent les tractions cervicales manuelles pour le traitement des douleurs du rachis et pour la perte de mobilité. Les tractions se définissent par un mouvement qui sépare une surface articulaire de la surface opposée et ce, à un angle précis.<sup>94</sup> Selon Kendall, la définition des tractions est : « une force utilisée dans un traitement thérapeutique en vue de produire un allongement ou un étirement des structures articulaires ou musculaires. »<sup>95</sup>

## **L'application des tractions cervicales**

Avant 1997, il n'existait pas de standardisation quant à la méthode de traction à utiliser. Les cliniciens utilisaient la méthode de tractions qui leur semblait la plus

adéquate. Beaucoup de confusion et de frustration se développaient car les résultats n'étaient pas toujours ceux escomptés. L'amélioration de la courbure et la diminution de la douleur constituaient le résultat optimal des tractions.

Chaque type de traction comporte ses propres spécificités autant pour son application que pour le type de patient auquel il est destiné. L'équipe du Docteur Donald D. Harrison a donc développé des indications et des contre-indications appropriées pour chaque type de traction.<sup>96</sup>

Des thérapies de manipulations vertébrales peuvent-elles restaurer une courbure cervicale alordotique en la redressant en position de lordose ? Une étude portant sur un échantillon aléatoire de 100 sujets traités par des manipulations vertébrales sans traction aurait démontré que, sur la moyenne, il n'y aurait eu aucune amélioration significative de l'amplitude de la lordose cervicale.<sup>97</sup> Les résultats de cette étude reposent sur des radiographies pré et post traitement. Les thérapies de manipulations vertébrales n'obtiennent pas d'appui scientifique suffisant pour démontrer leur efficacité quant à la restauration de la posture de la colonne cervicale sur le plan sagittal médian.

Par ailleurs, trois études portant sur les tractions en extension ont démontré un changement remarquable sur la lordose cervicale avec un traitement d'une durée de 10 à 14 semaines.<sup>98</sup>

### **Mécanisme des tissus mous**

Afin d'apprécier la nécessité et de comprendre le mécanisme des tractions, un résumé de la physiologie des tissus mous est essentiel, car le but premier des tractions est de remettre les tissus du rachis cervical dans leur position optimale et de les y maintenir afin de rétablir leur niveau fonctionnel.

La rhéologie est la science qui étudie la déformation et l'écoulement de la matière dans les systèmes biologiques<sup>99</sup>; elle nous permet d'évaluer la fluidité des tissus sous une charge appliquée. Lorsqu'un individu est exposé à une force quelconque, ses tissus subissent une déformation. Les premiers tissus affectés par la force des tractions sont les ligaments paraspinaux ainsi que les disques intervertébraux. Par la suite, c'est au tour des muscles et tendons d'être déformés.

Les trois modes de chargement les plus importants sont la compression (diminution de la longueur de la structure), la tension (augmentation de la longueur), ainsi que le cisaillement (déformation oblique ou à un angle quelconque par rapport à la surface).

Quatre propriétés expliquent les différents types de comportement des tissus lorsqu'ils sont soumis à différentes charges : l'élasticité, la plasticité, la viscosité et la force.<sup>100-101</sup>

L'élasticité d'une substance exposée à une force la mène instantanément à une déformation. Quand la charge est retirée, la substance retourne exactement à ses dimensions originales. Une relation linéaire existe entre la composante de force et la déformation.

La plasticité est la propriété d'un tissu pour laquelle, lorsqu'une force est appliquée, un point critique doit être atteint avant que la déformation se produise. Une fois atteinte, cette déformation est permanente.

La viscosité est une propriété s'appliquant aux solides ainsi qu'aux fluides. Contrairement à l'élasticité et à la plasticité, elle dépend du temps. Une force appliquée à un élément visqueux ne crée pas forcément une déformation. Le double de cette même force ne crée pas par conséquent le double de déformation ; c'est la fréquence de déformation qui en sera doublée. Plus la force sera élevée, plus les molécules de la substance déformeront rapidement. Les éléments visqueux ne démontrent pas non plus d'élasticité lorsque la charge est retirée ; la déformation est permanente. Cette propriété est importante dans l'étude des tissus humains, car ceux-ci sont tous viscoélastiques.

La force est définie comme le point critique pour lequel les liens moléculaires ne peuvent résister à la charge appliquée et se brisent.

Lorsqu'une charge significative (supra liminale) est imposée aux tissus paraspinaux et maintenue pendant un certain temps, le tissu passe par une phase de déformation, puis par une phase de normalisation. Cette dernière se produit lorsqu'une contrainte appliquée demeure constante ; s'en suit, après une certaine période de temps, une diminution du stress interne.

Selon l'expérimentation, l'application d'une charge durant environ dix minutes est nécessaire pour causer une déformation permanente, affectant ainsi les propriétés visqueuses et plastiques des ligaments paraspinaux, dans le but de restaurer une lordose cervicale.<sup>102</sup>

De récentes expérimentations sur des cadavres indiquent que les disques intervertébraux résistent beaucoup mieux dans les mouvements de flexion et d'extension du cou que les ligaments longitudinaux antérieur et postérieur et que l'application de 20 à 60 minutes d'une charge soutenue leur est nécessaire pour atteindre la phase de déformation ainsi que la phase de relaxation.<sup>103</sup>



Il existe deux phases de déformation des tissus : 1) De 0-5 minutes, la courbe linéaire se réfère à une phase où l'énergie de tension est récupérable et correspond à une déformation purement élastique. 2) De 5-20 minutes, la courbe non linéaire se réfère à une phase où l'énergie de tension est non récupérable et résulte en un changement permanent de la longueur des tissus (déformation plastique). Après 20 minutes de traction, lorsque la charge est retirée, il y a tout d'abord une phase de récupération de l'élasticité suivi d'un plateau où la longueur de repos est atteinte, mais où les tissus n'ont pas complètement recouvré leur ancienne longueur.<sup>104</sup>

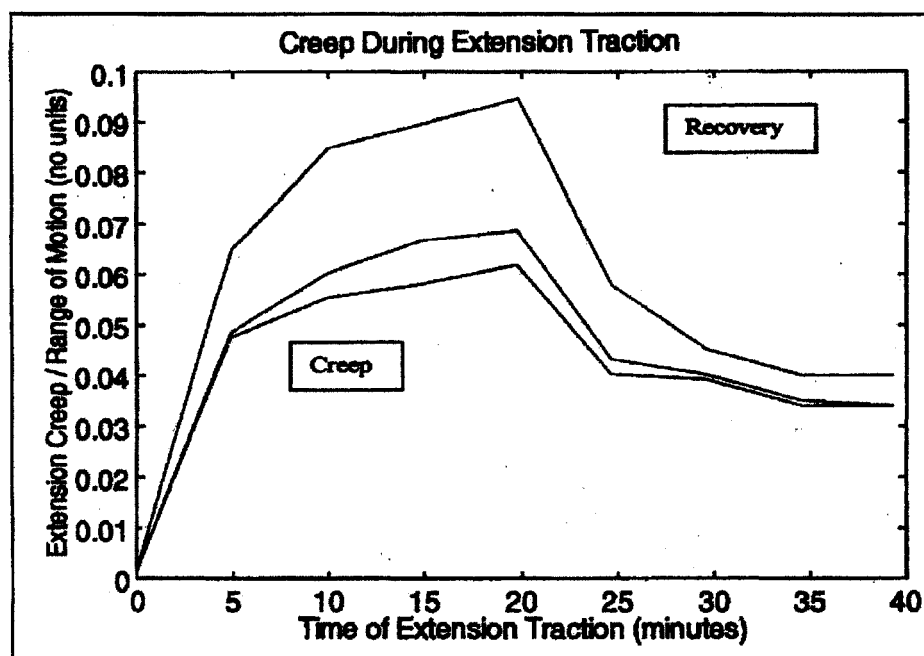


Figure 2. Évolution du « creep » pour différent groupe d'âge durant l'extension lombaire de cadavres. Les valeurs les plus grandes sont pour les sujets de 56 ans et plus; les secondes valeurs les plus grandes sont pour les sujets âgés entre 31 et 56 ans et les valeurs les plus faibles sont pour les sujets âgés entre 18 et 30 ans. La phase élastique (la première partie linéaire du graphique) dure environ 5 minutes,

alors que les phases de déformation plastique/visqueuse se produisent entre 5 et 20 minutes. (Reprinted with permission from Mosby, J Manipulative Physiol Ther 1999; 22(7) : 490).

### **Étirement des tissus mous par les tractions**

Les tractions bidirectionnelles, par l'entremise des courroies et des charges, imposent aux tissus mous ainsi qu'aux structures osseuses du rachis cervical un important étirement, créant ainsi une déformation des tissus pouvant être permanente. Le résultat, obtenu après plusieurs séances de tractions, sera optimal lorsque les tissus atteindront une longueur proche de leur longueur de repos et qu'un réalignement de la colonne cervicale sera visible sur radiographie.<sup>105</sup>

Suite à une mauvaise posture maintenue pendant plusieurs mois, années ou décennies, les tissus raccourcissent (par compensation) suffisamment pour entraîner des séquelles pathologiques. Les tractions génèrent une force qui, appliquée sur les composantes viscoélastiques des tissus, corrigera les déformations des ligaments et des muscles, lesquels pourront recouvrer leur alignement initial. Les structures les plus impliquées lors des tractions sont le ligament longitudinal antérieur ainsi que les fibres annulaires antérieures des disques intervertébraux.

Puisque les ligaments possèdent des propriétés d'élasticité et de résistance, une force soutenue est nécessaire pour dépasser la résistance viscoélastique et atteindre un étirement maximal.

### **Effets physiologiques des tractions cervicales bidirectionnelles**

Il est reconnu que certains symptômes tels que la perte de mobilité, les céphalées, les douleurs radiculaires, les vertiges, les nausées, les étourdissements

peuvent apparaître à des niveaux d'intensité très variables lorsque les tensions musculaires du rachis ne sont jamais soulagées.<sup>106</sup> C'est pourquoi l'étirement des tissus, par l'entremise des tractions, entourant la région cervicale, améliore le flux sanguin par décompression et, par conséquent, améliore l'échange liquidien et nutritionnel des tissus.<sup>107</sup>

### **Le rétablissement de la courbure**

Pour rendre les structures plus efficaces et fonctionnelles, la colonne cervicale doit être alignée selon les trois plans; sagittal médian, frontal et horizontal. Selon Harrison, certaines méthodes particulières aident au rétablissement et au maintien de la lordose cervicale : la table d'ajustement (drop table), les exercices d'extension, le rouleau cervical, la rééducation posturale et les tractions cervicales soit bidirectionnelles ou en compression-extension.<sup>108</sup> Par contre, toujours selon Harrison, la plupart des méthodes, utilisées seules, ne font que soulager les symptômes et ne rétablissent pas une courbure inversée ou une alordose.

Seules les tractions cervicales, appliquées quatre à cinq fois par semaine pendant plusieurs semaines, peuvent ramener une courbure renversée à un angle se rapprochant de la normale (environ 63°). L'adaptation des structures musculosquelettiques étant un processus assez long, une réadaptation complète peut nécessiter au moins une trentaine de séances.

Pour corriger la posture de manière plus durable, l'ajout d'exercices correctifs sur une certaine période de temps s'avère efficace dans un programme de rééducation posturale. Selon une étude de Troyanovich portant sur des individus se plaignant de cervicalgie, 59 % ont bénéficié d'un soulagement à long terme de leur douleur, en effectuant régulièrement les exercices correctifs pour la posture.<sup>109</sup> Ces

exercices agissent au niveau neurologique et provoquent des adaptations physiologiques des tissus mous en les stressant de manière répétitive jusqu'à l'atteinte d'une position d'équilibre optimale (posture optimale).<sup>110</sup>

Selon Harrison, l'utilisation des tractions cervicales permet d'atteindre trois objectifs : le rétablissement de la courbure, la protection et le maintien de cette lordose cervicale.<sup>111</sup> Les nombreuses structures ligamentaires qui attachent et retiennent les vertèbres ensembles ne se replacent pas complètement malgré une intervention forte et rapide. La traction, quant à elle s'impose comme une force de déformation correctrice en soumettant les tissus mous paraspinaux à un étirement puissant mais de longue durée. Il s'agit de modifier la longueur des tissus qui se sont adaptés à une posture anormale du rachis cervical, sur une période de plusieurs mois, années, voire décennies.

### **Justifications et contre-indications aux tractions cervicales**

L'utilisation des tractions se justifie dans les cas de compression excessive des surfaces articulaires, de syndrome radiculaire, de saillie du disque, de spasmes musculaires. Cependant, avant d'appliquer une traction cervicale (bidirectionnelle et en compression extension), il faudra tenir compte de certains facteurs de risque absolu (contre-indications) et relatif, tels que : l'hypertension artérielle, les problèmes de type angineux, le diabète, l'hernie discale, les ostéophytes et la sténose (rétrécissement) du canal spinal.<sup>112</sup>

Les tractions cervicales sont utilisées principalement pour : soulager la douleur (locale et référée), améliorer l'amplitude articulaire du cou en étirant la musculature hypertonique et hypoextensible, permettre une mobilisation et un allongement de la colonne cervicale en augmentant l'espace discal (ou intervertébral).

## **OBJECTIF GÉNÉRAL**

L'application des tractions cervicales bidirectionnelles se définit comme étant un traitement thérapeutique. Par ailleurs, il est important de déterminer si l'évolution des séances tend vers le progrès souhaité, c'est-à-dire vers une amélioration de la courbure cervicale en lordose et d'avoir des données qui reflètent des paramètres utilisables et fiables d'un point de vue clinique.

À partir de sujets expérimentaux, nous voulons vérifier si, cliniquement, les tractions bidirectionnelles s'avèrent efficaces pour la correction des cyphoses et des alordoses cervicales. Un nouvel élément, l'indice de normalité de la courbure, est présenté. Nous déterminerons si cet indice mesure avec fidélité la courbure cervicale et si oui, nous évaluerons s'il a mesuré une évolution de la courbure avec la progression des traitements. L'indice de normalité de courbure permettra donc de quantifier l'évolution donc d'évaluer l'efficacité des tractions bidirectionnelles.

## **HYPOTHÈSES**

La colonne présente une courbure caractérisée par des angulations segmentaires  $x$  qui changent dans le temps, avec les traitements. Ces changements peuvent être confirmés et quantifiés par les différents tracés effectués sur des radiographies prises à des moments ou à des fréquences prédéterminés. De façon théorique, on peut estimer que les tractions entraînent un effet sur la courbure ; reste à savoir, en pratique, comment ils la modifient et si le changement est significatif. Nous supposons donc que les tractions bidirectionnelles corrigent partiellement ou complètement les cyphoses et alordoses cervicales.

## CHAPITRE II

### MÉTHODOLOGIE

#### Sujets

Le recrutement des sujets s'est fait de façon non aléatoire, compte tenu des caractéristiques spécifiques que doivent détenir les sujets expérimentaux, l'ampleur de l'expérimentation ainsi que la taille du bassin de population. Puisqu'il n'y avait pas non plus de groupe témoin, les contraintes de l'équivalence échantillonnale ne se sont pas imposées. Pour compenser la faiblesse de l'échantillon, l'emphasis était mise sur la validité des méthodes de mesures ainsi que sur la fidélité inter évaluateur. Les sujets présentaient des caractéristiques (physiques) plutôt homogènes. Leurs radiographies cervicales devaient présenter une courbure inversée, allant d'une alordose simple à une cyphose combinée à un port antérieur de la tête. La mesure de l'angle global de la courbure cervicale, c'est-à-dire entre C2-C7 devait être inférieur à 25,0°, soit un écart-type en dessous de la moyenne, les valeurs des personnes asymptomatiques étant de  $34^{\circ} \pm 9^{\circ}$  dans le tableau 7 de Harrison et al.<sup>113</sup> De plus, ils devaient tous être exempts de problèmes tels que l'hypertension artérielle, des antécédents de maladies cardiaques, le diabète, une hernie discale, des ostéophytes, un éperon postérieur, un rétrécissement du canal médullaire (sténose), des signes radiculaires, l'antérolisthèse d'une vertèbre et certains types de cyphoses nécessitant une compression.<sup>114</sup>

Avant d'être assigné au plan expérimental, plusieurs étapes préliminaires devaient être complétées pour chaque patient : une fiche personnelle (avec renseignements sur leur santé physique), un formulaire de consentement, l'histoire de cas incluant les antécédents ainsi que la description des symptômes, un examen physique incluant quelques tests d'extensibilité musculaire et articulaire du cou ainsi qu'un examen postural, complété à l'aide du logiciel Biotonix<sup>tm</sup> (pose de marqueurs, photos numérisées et analyse informatisée de la posture). Les étapes préalables étaient de détecter, sur radiographie, la présence d'une pathologie et de repérer la vertèbre à l'origine du renversement de la courbure pour le positionnement de la courroie avant.

### **Traitements**

Le système de tractions bidirectionnelles se nomme « Pope 2-way » à cause de la sangle antérieure induisant une traction postéro antérieure du rachis, une extension de la tête et une translation antérieure du rachis cervical. De plus, le harnais à la tête produit une combinaison de traction, de rétraction et d'extension du rachis.<sup>115</sup>

L'application des tractions devait respecter un protocole particulier car plusieurs variantes pouvaient influencer les résultats ; la direction des forces appliquées, les charges, l'angle de traction, la durée et l'intensité que le sujet pouvait tolérer.

Le matériel utilisé pour les tractions comprenait : une courroie, un harnais pour la tête, une chaise avec une planche sur le dossier pour assurer la rectitude du tronc, deux systèmes de poulies fixés solidement au mur avec ajustements pour la hauteur, quelques poids variant entre une et dix livres, un goniomètre (pour calculer les angles des courroies avant et arrière) ainsi qu'un chronomètre.

La fréquence des séances de traction était de quatre fois par semaine, jusqu'à un maximum de 50 séances, la durée du traitement débutait à cinq minutes et augmentait d'une minute à chaque séance jusqu'à un maximum de 20 minutes ou selon la tolérance du sujet. Au-delà de cette période, les disques intervertébraux pouvaient subir une variation dans la longueur des tissus mous.<sup>116</sup> L'angle et le poids, avant et arrière, le temps de traction ainsi que les commentaires du sujet étaient compilés à chaque séance. Ce type d'information permettait de vérifier la tolérance du sujet par rapport à la charge et à la durée des séances de tractions. L'élément de l'évaluation périodique qui nous permettait de vérifier la progression des traitements était la prise de radiographie. La position standardisée pour la prise de radiographie cervicale latérale était obtenue en positionnant l'épaule droite du sujet contre le mur avec une distance standard de 182,9 cm. Avant l'exposition, le sujet devait faire une flexion extension de la tête deux fois et prendre une position de repos confortable. Cette posture neutre s'avère, selon la littérature, très fidèle.<sup>117-118-119</sup>

Une séance de traction cervicale s'exécutait donc comme suit. Le sujet était en position assise et son dos était appuyé contre la planche faisant la longueur du bassin jusqu'à T1 (pour protéger la courbure thoracique). La première tension s'installait en plaçant une courroie sur la partie postérieure du cou au point d'origine de la déviation de la courbure cervicale (prédéterminé avec la radiographie latérale) pour exercer une traction vers l'avant, alors que la seconde s'installait à l'aide d'un harnais s'appuyant sur la mandibule et l'occiput, afin de tirer la tête vers l'arrière. Prendre note que la tension dans la courroie antérieure devait être appliquée avant celle de la courroie postérieure.

La première séance de traction était d'une durée de cinq minutes avec un poids avant de 5 livres et un poids arrière de 2,5 livres (la charge antérieure devait être le



double de celle à l'arrière). Les charges augmentaient ou restaient stables selon la tolérance du patient. Les sujets commençaient tous avec une charge de 10 livres en avant et 5 livres en arrière et ont tous terminé avec une charge de 20 livres en avant et de 10 livres en arrière ; un seul sujet avait 15 livres en avant et 7,5 livres en arrière. Le sujet masculin, disposant d'une musculature cervicale et d'une ceinture scapulaire souvent plus développée, peut généralement tolérer de plus grandes charges que le sujet féminin.

Dans le but d'éliminer une des sources de variabilité externe dans l'expérimentation, toutes les séances de traction s'effectuaient par le même expérimentateur.

L'angle de la courroie avant était déterminé par le niveau d'origine du renversement de la courbure cervicale. Le tableau 1.1 présenté plus loin indique les angles qu'il fallait respecter pour la courroie avant. L'angle de traction arrière variait progressivement de 45,0° vers 30,0° afin d'augmenter progressivement l'inclinaison de la tête par rapport au plan vertical.

Tableau 1.

Positionnement et angulation de la courroie avant selon le point d'origine de la déviation de la courbure cervicale

Point d'origine de la déviation :	Angulation de la courroie :
C5 – C7	0° - 10°
C3 – C5	10° – 20°
C1 – C3	20° – 30°

Remarque importante : Si un sujet éprouvait des nausées, des dysphasies ou vertiges pendant ou après le traitement, les séances de traction étaient interrompues de façon permanente pour ce sujet. De tels incidents ne sont survenus pour aucun des sujets expérimentaux. Si un sujet ressentait des maux de tête ou des symptômes tels que la douleur, l'engourdissement ou des acouphènes, la séance était interrompue pour cette visite. De tels incidents sont survenus pour deux sujets lors de l'expérimentation et les séances ont été interrompues pour être reprises à la séance suivante. Les séances planifiées ont toutes eu lieu et les données correspondantes, toutes accumulées.

### **Mesures**

Pour être en mesure d'utiliser les radiographies en test-retest, certains critères doivent être respectés.

Par conséquent, pour assurer la fidélité des évaluations périodiques lors de l'expérimentation, quelques précautions ont été prises, comme l'attribution des mêmes consignes aux sujets lors de la prise des radiographies, l'utilisation de points de repères pour positionner les sujets exactement au même endroit, l'utilisation de la position standardisée (debout) ainsi que le même expérimentateur pour chacune de ces tâches.

Pour vérifier la fidélité inter évaluateur ainsi que celle de la méthode de traçage de ligne et d'extraction des données prises à partir des radiographies, l'ensemble des radiographies ont été digitalisé par deux évaluatrices.

L'évaluation s'est effectuée de façon périodique, à cinq reprises. Elle impliquait la prise de radiographie, le tracé de lignes (tangentes et autres, voir la description plus bas) ainsi que l'extraction des données brutes permettant dans un premier

temps de poser le diagnostic initial et dans un deuxième temps, de faire une évaluation rétroactive. Donc une première évaluation avant le début des traitements et ensuite une à chaque mois jusqu'à concurrence de cinq ; ces évaluations périodiques ont permis de vérifier l'effet des traitements, de quantifier les changements encourus par les traitements et dans deux cas, d'arrêter l'application des traitements. Un des sujets a été exclu puisqu'il avait atteint une courbure cervicale très près de la normale après 34 séances de tractions; il a quand même participé aux cinq phases de radiographies.

Les mesures issues des radiographies ont aussi servi à guider l'intervention et à en apprécier l'impact. L'amélioration de la courbure cervicale, sous forme d'un retour vers la courbure anatomique normale, servait de repère.

Aucune radiographie de la même courbure prise à différents moments pendant le traitement ne présentait les mêmes caractéristiques avec l'évolution des traitements. C'est pourquoi, lors de l'analyse des données, les mesures devaient donc être plus exhaustives qu'un simple calcul d'angles intervertébraux. Les données doivent qualifier de manière plus concrète les résultats car la diversité des schémas de courbures est très vaste.

Dans la figure ci-dessous, est présenté les différentes catégories de classification des patrons de courbure au niveau cervical. On rapporte une corrélation de fidélité de 0,71 pour leur classification subjective; celles-ci étant divisées en trois catégories : lordose, alordose et cyphose (ci-dessous est ajouté une figure avec la cyphose avec translation de la tête).<sup>120</sup>

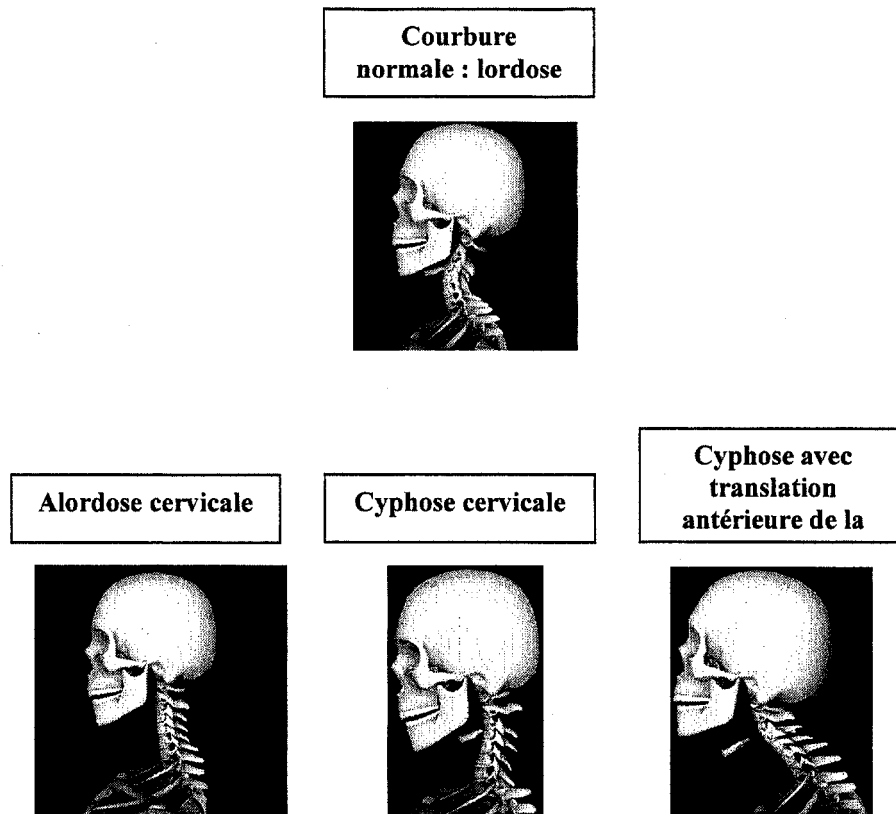


Figure 3. Les principales classifications de courbures cervicales.

Le phénomène étudié est la courbure cervicale, sa disposition angulaire ainsi que la direction de sa convexité globale (antérieure ou postérieure). L'extraction des données brutes passe par les tracés de lignes sur radiographies ; celles-ci permettent de quantifier l'alignement des vertèbres du squelette, plus précisément de quantifier sa courbure. Ce sont les tangentes postérieures sur C2, C3, C4, C5, C6 et sur C7 qui permettent d'effectuer les mesures pour l'amplitude angulaire segmentaire ou l'angle relatif (AR) pour chaque paire de vertèbres ainsi que l'amplitude totale entre C2-C7 qualifier d'angle global (« absolute rotational angle » : ARA).

Pour le calcul de l'«Atlas plane line» (APL), les deux lignes à tracer sont : l'une passant par le tubercule antérieur de C1 jusqu'à l'extrémité de son processus épineux

et l'autre est une ligne tracée par rapport au plan horizontal. L'angle mesuré indique l'inclinaison de l'atlas par rapport à l'horizontale. L'angle idéal est de  $28,7^\circ$ , selon Harrison.<sup>121</sup>

La mesure pour la translation antérieure de la tête inclut une ligne verticale passant par le coin inférieur et postérieur de C7 ainsi qu'une ligne horizontale qui rejoint le coin supérieur de C2. Cette distance, mesurée en millimètres, indique la translation selon l'axe des Z du rachis cervical. L'idéal, selon Harrison, est de 0,0 mm.<sup>122</sup>

La rotation absolue du rachis cervical se mesure entre les tangentes postérieures de C2 à C7, l'idéal étant de  $42,0^\circ$ .<sup>123</sup>

Tableau 2

Valeurs optimales des mesures pour le rachis cervical<sup>1</sup> :

Rotation segmentaire :	
C1- horizontal	$28,7^\circ$
C2-C3	$9,4^\circ$
C3-C4	$8,2^\circ$
C4-C5	$8,2^\circ$
C5-C6	$8,2^\circ$
C6-C7	$8,2^\circ$
C2-C7	$42,0^\circ$ *
C1-horizontal	$29,0^\circ$ **
Translation antérieure de la tête	0,0 mm

\* Angle de rotation absolue

\*\* Angle de l'atlas par rapport au plan horizontal

1. Toutes les valeurs sont « idéales » et sont issues du tableau 7 de Harrison et al.<sup>124</sup>

Ces opérations ont été réalisées par deux évaluateurs afin d'en déterminer la fidélité. Puisque la fidélité inter évaluateur s'est avérée amplement satisfaisante, la prise de mesure permettant de calculer la corrélation intra évaluateur s'est avérée accessoire et n'a donc pas été réalisée.

Selon la littérature chiropratique, l'analyse des lignes tracées sur radiographies servant à repérer les défauts d'alignements vertébraux comporte une très bonne fidélité, avec un coefficient de corrélation « Interclass » se situant entre 0,8 et 0,9.<sup>125</sup>

### **Méthode de mesure de la courbure**

Selon le modèle théorique, une courbure cervicale normale, telle que décrite par Harrison, dispose d'une amplitude angulaire de 63° d'arc de cercle en partant de la première cervicale jusqu'à la première thoracique, avec des angles segmentaires spécifiques. L'arc de cercle est dessiné à partir de tangentes postérieures tracées pour chacune des vertèbres sur la partie postérieure des corps vertébraux. Ce modèle correspond à une amplitude optimale, plus spécifiquement, un idéal de courbure à maintenir ou à atteindre. Mais selon les études d'Harrison, la courbure moyenne n'atteint que rarement les 63° d'amplitude angulaire. Le modèle sert plutôt de référence ou d'élément de comparaison lorsque nous mesurons la disposition des différentes vertèbres.

Il existe deux principales méthodes pour mesurer l'angle global de la courbure cervicale : la méthode de Cobb et la méthode de la tangente postérieure. La première se mesure par le tracé de quatre lignes : deux tangentes tracées sur le plateau vertébral supérieur et inférieur du corps vertébral et une perpendiculaire descendant de chacune de ces lignes où la jonction permet de mesurer l'angle de la courbure cervicale.

Par contre, selon Harrison, si l'on considère pour l'angle global, l'angle formé entre les tangentes de C1 et C7, il surestime la lordose à cause de l'hyperextension de C1-C2. Phénomène opposé si l'on considère l'angle entre C2-C7, il sous-estime la lordose cervicale à cause de la forme crochue de la partie antérieure inférieure du

corps vertébral de C2. Les erreurs-types de mesure sont souvent élevées et dénotent un haut niveau de variabilité pour ce type de méthode.

La méthode des tangentes postérieures de Harrison obtient une excellente fidélité inter et intra évaluateur et possède une plus faible erreur-type de mesure.<sup>126,127</sup> Cette méthode est considérée comme la plus adéquate pour déterminer la configuration de la courbure cervicale. Elle consiste à tracer une ligne sur la face postérieure du corps de chaque vertèbre et à mesurer l'angle entre chacune de ces tangentes. Les tangentes postérieures sont les pentes exactes de la courbure cervicale à chaque vertèbre.

### **Indice de normalité de la courbure**

Enfin, la récolte de multiples données nous permet de calculer un indice sommaire; l'« indice de normalité (N) » de la courbure, qui constituera la variable dépendante principale de cette étude quasi expérimentale. Ces ingrédients : le rang dans lequel chaque vertèbre se positionne et l'amplitude entre chaque vertèbre.

Pour analyser justement la courbure, il ne s'agit pas simplement de trouver l'angulation totale de la courbure, mais de pouvoir lui donner un indice nous permettant de mieux quantifier et de classer chacune des courbures prises sur radiographies à travers le temps. La comparaison entre les radiographies du même sujet en fonction de l'évolution du traitement s'avère particulièrement intéressante.

L'indice de normalité N indique un nombre simple, positif ou négatif, allant de -8,2 à 8,2. Il représente la courbure dans sa globalité, c'est-à-dire en considérant la ou les différentes orientations des vertèbres, la direction de sa convexité et l'importance (en degré) de sa convexité. Il nous permet de comparer beaucoup plus spécifiquement chacune des courbures à travers le temps, c'est-à-dire

au fur et à mesure que les traitements progressent, dans le but de déterminer le degré d'amélioration ou de stagnation.

De plus, cet indice reflète le but visé qui est d'obtenir un modèle d'ouverture en éventail de la structure squelettique. Deux variables définissant le mieux la courbure en dépendent : le rang et l'amplitude angulaire.

Partant du fait que les radiographies en plan sagittal nous permettent de visualiser le crâne et le rachis cervical faisant face vers la gauche, ces détails facilitent la compréhension du calcul déterminant l'indice de normalité.

Les rangs angulaires, se situant entre 1 et 6 inclusivement, dénotent la position des tangentes postérieures pour chaque vertèbre. Le rang « 1 » est attribué à la tangente la plus à droite ; les suivantes s'ordonnent en allant vers la gauche.

Si la courbure exprime une convexité antérieure (lordose), alors chacune des vertèbres occupe sa position réelle et chaque tangente appartient à son rang respectif, soit C2 = rang 1, C3 = rang 2, C4 = rang 3, etc. Par contre, s'il existe une convexité postérieure, alors la position des tangentes n'occupe plus le même rang; les tangentes sont soit en désordre ou complètement inversées.

Les rangs sont fixes, ce sont les tangentes respectives des vertèbres qui changent de rang selon l'angulation de celles-ci. Les rangs s'ordonnent en allant vers la gauche (voir le dessin ci-dessous) :



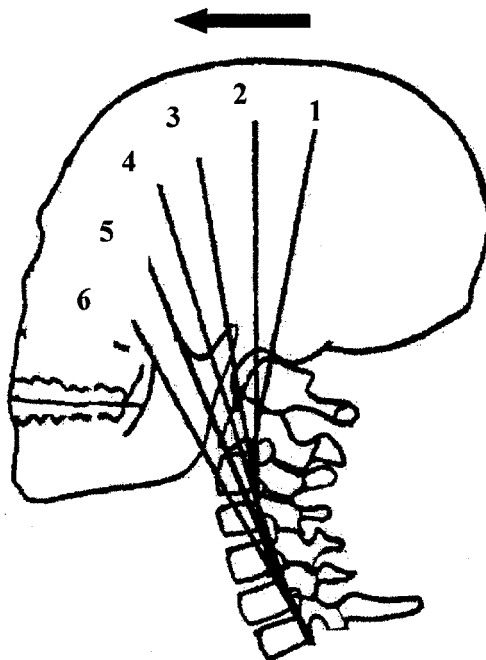


Figure 4. Illustration des tangentes postérieures, de leur rang respectif ainsi que de la direction pour le calcul.

L'amplitude angulaire, quant à elle, correspond à l'angle calculé entre chaque tangente postérieure tracée sur chacune des vertèbres. Plus l'angle mesuré se rapproche de l'angle idéal ( $8,2^{\circ}$ ), plus la courbure tend vers son amplitude optimale. Si la plupart des angles tendent vers  $0^{\circ}$ , alors la colonne révélera plutôt un alignement rectiligne, qualifié d'alordose.

Pour obtenir l'indice N, il faut tout d'abord calculer la corrélation de rang entre la position angulaire réelle de chaque vertèbre et sa position idéale : le coefficient ( $r$ ) obtenu est ensuite multiplié par la moyenne des différences absolues entre les angles intervertébraux.

Voici la formule pour le calcul pour l'indice N :

$$N = r \times \text{moyenne} \left[ \text{RRA C2-C3; C3-C4; C4-C5; C5-C6; C6-C7} \right]$$

Voici un exemple de calcul pour l'indice N :

$$N = 0,9855 \times \text{moyenne} \left[ 3,5; 2,5; 6,0; 6,0; 19,5 \right]$$

$$N = 0,9855 \times 7,5$$

$$N = 7,39$$

Dans le cas de lordose optimale, l'indice de normalité est positif et voisin de 8,2 ; dans le cas inverse (cyphose avec la même amplitude qu'une lordose normale), il sera d'environ -8,2. Pour un renversement partiel, c'est-à-dire un cas où le rachis est en forme de « S » (légère cyphose et légère lordose), les tangentes postérieures n'ont pas du tout le bon rang, les corrélations oscillent entre 1,0 et [-1,0]. Dans les cas d'une alordose bien définie, où les vertèbres représentent un alignement presque rectiligne, l'indice tend vers 0, car, les tangentes étant superposées, il n'existe pas d'ordre de séquence, de plus, les angles mesurés sont négligeables ou égaux à zéro.

Lorsque la lordose n'a pas sa pleine amplitude mais que les tangentes sont dans le bon ordre, l'indice est positif.

### CHAPITRE III

#### RÉSULTATS

Les deux éléments importants à quantifier, comme mentionné dans le précédent chapitre, sont le rang et l'angulation de chacune des vertèbres. Le rang amène une autre perspective, celle de positionner la vertèbre dans le plan sagittal. Celle-ci s'articule avec un angle donné par rapport à sa voisine mais aussi avec une orientation positive ou négative par rapport à l'axe des x.

Les évaluations périodiques, définies par les tracés sur radiographies et effectuées au début (pré-test), à chaque mois ainsi qu'un mois après l'arrêt des traitements (relance), nous rapportent des données telles l'angulation entre chaque vertèbre cervicale, l'angulation totale de C2 à C7 ainsi que la translation antérieure de la tête. Ces données brutes permettent d'obtenir les mesures concernant la fidélité des mesures, le rang ainsi que l'indice de normalité de courbure.

Le tableau 3 présente différents paramètres compilés avant le début du traitement; l'âge, le sexe, la grandeur, le poids, le nombre de phases complétées (correspondant, dans l'évaluation périodique, à la prise de radiographie), le nombre de tractions ainsi que le type de courbure. L'âge moyen des sujets était de  $25,2 \pm 5,1$  ans, la grandeur moyenne de  $66,6 \pm 4.0$  pouces et le poids moyen de  $162.1 \pm 40.8$  livres. Le groupe était constitué de cinq femmes et de trois hommes. Il n'y a eu aucune mortalité expérimentale et le nombre moyen de séances de tractions était de  $45,9 \pm 1,4$ . Les sujets étaient tous des patients d'une clinique chiropratique de Trois-Rivières; toutes les lois applicables pour l'utilisation de sujets humains en recherche ont été respectées. Pour déterminer si l'effet des tractions sur le rachis cervical est

significatif, les phases 1 à 5 ont été considérées. Puisque six sujets sur huit les ont complétées, nous nous attarderons principalement sur ces données. Malgré l'absence de la cinquième radiographie, le sujet 3 a quand même reçu les cinquante tractions prévues. La moyenne du nombre de séances de tractions bidirectionnelles par sujet est de  $45,9 \pm 1,4$ . Quatre des sujets exhibaient une alordose et les quatre autres, une cyphose avec un port antérieur de la tête.

Tableau 3  
Paramètres des sujets expérimentaux

	Grandeur (pouces)	Poids (lbs)	Âge	Sexe	# de tractions	Phases	Type de courbure initiale
<b>1</b>	71	177	34	M	50	1 à 5	Alordose
<b>2</b>	63	140	23	F	50	1 à 5	Alordose
<b>3</b>	66	165	17	M	34	1 à 5	Alordose
<b>4</b>	71	195	22	M	50	1 à 5	Cyphose avec port antérieur
<b>5</b>	72	240	28	M	50	1 à 4	Alordose
<b>6</b>	64	125	24	F	35	1 à 3	Cyphose avec port antérieur
<b>7</b>	63	125	29	M	50	1 à 5	Cyphose avec port antérieur
<b>8</b>	63	130	25	F	48	1 à 5	Cyphose avec port antérieur
<b>Moy</b>	$66.6 \pm 4.0$	$162.1 \pm 40.8$	$25.2 \pm 5.1$	F= 3 H= 5	$45,9 \pm 1,4$		

Le tableau 7 en annexe, présente les données brutes récoltées pour un sujet pendant toute la durée du traitement. Ce tableau inclut les angles intervertébraux, les mesures de l'« atlas plane line », les mesures de la translation antérieure de la tête, les corrélations de rang ainsi que les indices de normalité de la courbure.

### **Fidélité**

Le coefficient de corrélation de Pearson (fidélité inter évaluateur) obtenu pour les mesures de l'indice de normalité de courbure est de 0,878 (voir tableau 9 en annexe). Par cette valeur, nous pouvons établir une estimation de l'erreur-type de mesure nous permettant ainsi d'apprécier les résultats obtenus lors de l'expérimentation : l'erreur-type obtenu est de 1,216.<sup>1</sup> Par conséquent, l'erreur-type de mesure applicable à la moyenne des évaluations produites par les deux examinatrices est de  $1,216 / \sqrt{2} = 0,86$ .

Pour déclarer une variation significative de l'indice N entre le pré-test et la relance, la différence entre ces données (« N » en pré-test et « N » en relance) doit être égale ou supérieure à deux fois l'erreur-type ( $2 \times 0,86$ ), c'est-à-dire à 1,72.

Grâce à cette erreur-type, il est possible d'appliquer un test à chaque sujet expérimental et vérifier si, pour chacun, il y a eu un changement significatif au niveau de l'indice

### **Indice de normalité de la courbure**

Le tableau 4 ci-dessous présente les données de l'évolution de l'indice de normalité de courbure pour chacun des sujets ( $n = 8$ ) incluant les phases à trois moments-clés du traitement expérimental : lors du pré-test (phase 1), du test final (phase 4) et lors de la relance (phase 5).

---

<sup>1</sup> Nous pouvons obtenir une estimation d'erreur-type par la formule suivante :

$$S_e = S_x \sqrt{1 - r_{xx}}, \text{ où}$$

$S_e$  = erreur-type de mesure

$S_x$  = écart-type

$r_{xx}$  = coefficient de fidélité

Dans le cas présent, l'estimation d'écart-type ( $S_x$ ) est obtenue comme la moyenne quadratique de l'écart-type des deux évaluatrices.

Lorsque l'on applique le test de significativité entre l'indice de normalité mesuré lors du pré-test et de la relance, il existe une différence statistique significative ( $p \leq 0,05$ ) pour les sujets 1, (-0,45 ; 4,28), 2 (-0,08 ; 2,4), 3 (0,30 ; 2,48) et 7 (1,94 ; 4,71). Les autres sujets obtiennent une différence statistique non significative de l'indice de normalité entre le pré-test et la relance : sujet 4 (-5,26; -1,82). En comparant les phases 1 et 4, le sujet 5 obtient (-2,97; -2,05), le sujet 6 obtient (-3,08; -2,86) et le sujet 8 (-5,91; -3,89).

Notons que dans quatre cas sur huit, soit la moitié des sujets, il y a eu amélioration significative. Aucune détérioration de l'indice de normalité de la courbure n'a été constatée chez aucun des sujets.

Tableau 4

Données d'évolution de l'indice de normalité de courbure (N) pour les huit participants

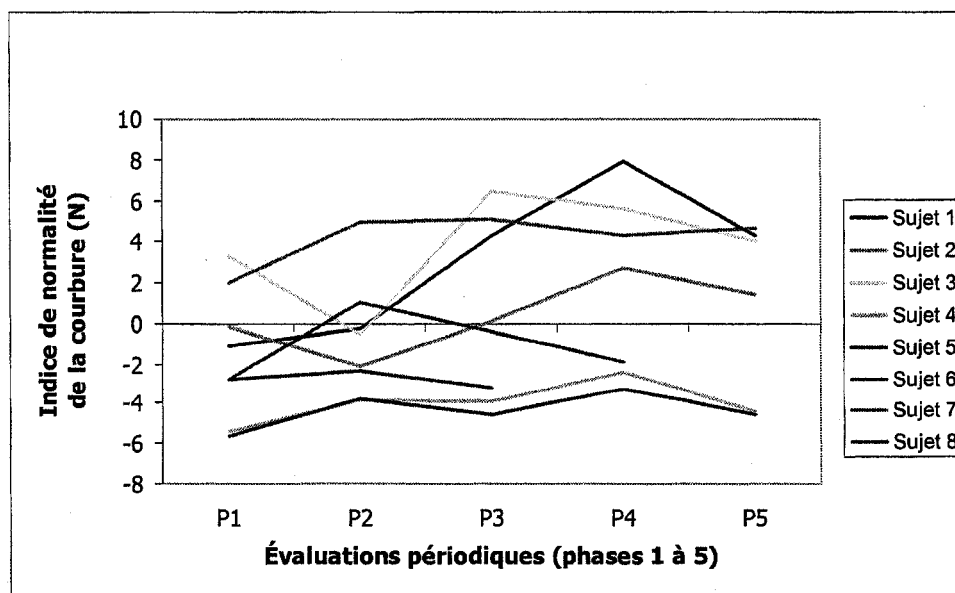
Sujets	Phases	Pré-test (1)	Test final (4)	Différence (1 et 4)	Relance (5)
1	1 + 4 + 5	-0,45	7,35*	+ 7,8	4,28*
2	1 + 4 + 5	-0,08	2,60*	+ 2,68	2,40*
3	1 + 4 + 5	0,30	5,36 *	+ 5,06	3,80*
4	1 + 4 + 5	-5,26	-1,82*	+ 3,44	- 4,24
5	1 + 4	-2,97	-2,05	+ 0,92	-
6	1 + 3	-3,08	-2,86	+ 0,22	-
7	1 + 4 + 5	1,94	3,46	+ 1,52	4,71*
8	1 + 4 + 5	-5,91	-3,89*	+ 2,02	- 4,44

1. Les valeurs rapportées sont la moyenne des évaluations produites par les deux examinateurs, l'erreur-type appropriée étant de 0,86.
2. Nous appliquons le critère d'une différence égale ou supérieure à deux fois l'erreur-type pour déclarer la significativité (\*) selon la distribution de la loi normale, soit de 1,72.
3. Significatif au seuil de 5 %

Par ailleurs, lorsque nous appliquons le critère de significativité à la différence entre la relance et le pré-test, les sujets démontrant une amélioration significative sont les sujets 1, 2, 3 et 7 et lorsque l'on fait la différence entre le test final et le pré-test, les sujets ayant une amélioration significative sont les sujets 1, 2, 3 et 8. Le sujet 7 obtient donc une amélioration significative seulement après la relance, c'est-à-dire un mois après l'arrêt des traitements et le sujet 8, ne conserve pas cette amélioration marquée un mois après l'arrêt des traitements. Les sujets 1, 2, et 3 exhibent une courbure en alordose tandis que les sujets 7 et 8 ont une courbure en cyphose avec port antérieur de la tête. En pré-test, les sujets 1 et 2 obtiennent un indice de normalité négatif et en test final, il est positif. Pour les sujets 4 (cyphose avec port antérieur de la tête), 5 (alordose), 6 (cyphose avec port antérieur de la tête) et 8 (cyphose avec port antérieur de la tête), les résultats en pré-test sont négatifs et le reste pour chacune des évaluations périodiques.

Figure 5

Indice de normalité de la courbure lors des évaluations périodiques



La figure 5 nous permet de visualiser l'évolution de l'indice de normalité de la courbure cervicale à chacune des évaluations périodiques. Sur ce graphique, une amélioration de la courbure cervicale est notable pour les sujets 1, 2, 3 et 7.

### **Translation antérieure de la tête**

Le coefficient de corrélation de Pearson (fidélité inter évaluateur) obtenu pour les deux séries d'évaluation pour l'antériorité de la tête est de 0,907 (voir tableau 10 en annexe). L'erreur-type de mesure qui découle de la moyenne des évaluations produites par les deux examinatrices est de 2,570. Par conséquent, l'erreur-type de mesure applicable à la moyenne des évaluations produites par les deux examinatrices est :  $2,570 / \sqrt{2} = 1,82$ . Pour déclarer une variation significative de l'antériorité de la tête entre le pré-test et la relance, la différence entre ces données (« Tz » en pré-test et « Tz » en relance) doit être égale ou supérieure à deux fois l'erreur-type ( $2 \times 1,82$ ), c'est-à-dire à 3,64.

Le tableau 5 présente les données suivant l'évolution de la translation antérieure de la tête lors des phases 1, 4 et 5, c'est-à-dire en pré-test, en test final et en relance. Pour resituer le lecteur, la valeur idéale à atteindre pour l'antériorité de la tête est de 0,00 mm; une amélioration statistiquement significative doit s'exprimer par une différence négative.

Les résultats démontrent une diminution de l'antériorité de la tête pour les sujets 1 (23,75; 14,50) et 4 (25,50; 16,00) entre le pré-test (1) et la relance (5). Pour le sujet 6, en comparant les phases 1 et 3 (29,00; 24,00), la différence est négative mais n'est pas statistiquement significative. Dans les autres cas, aucune amélioration n'est présente : sujet 2 (7,00; 10,75), sujet 3 (11,50; 35,50), sujet 5, en comparant les phases 1 et 4 (22,00; 34,50) et sujet 8 (22,00; 23,00). Le sujet 8



obtient une amélioration significative lors de l'évaluation du test final, qui n'est cependant pas maintenu lors de la relance, un mois plus tard. Les sujets 2, 3 et 5 obtiennent une détérioration significative de l'antériorité de la tête. Ces trois sujets avaient une alordose et seul le sujet trois n'a pas complété les 50 séances de tractions.

Les sujets 1 et 4 obtiennent une amélioration statistiquement significative au niveau de l'antériorité de la tête. Le sujet 1 est de type alordotique et le sujet 4 est de type cyphotique avec port antérieur de la tête. Tous deux ont eu les 50 séances de tractions.

Tableau 5

Données d'évolution d'antériorité de la tête (Tz) pour les huit participants

Sujet	Phases	Pré-test (1)	Test final (4)	Relance (5)
1	1 + 4 + 5	23,75	4,00*	14,50*
2	1 + 4 + 5	7,00	12,50 <sup>(*)</sup>	10,75 <sup>(*)</sup>
3	1 + 4 + 5	11,50	32,25 <sup>(*)</sup>	35,50 <sup>(*)</sup>
4	1 + 4 + 5	25,50	12,25*	16,00*
5	1 + 4	22,00	34,50 <sup>(*)</sup>	
6	1 + 3	29,00	24,00*	
7	1 + 4 + 5	28,00	25,50	30,75
8	1 + 4 + 5	22,00	18,25*	23,00

1. Les valeurs exprimées sont en millimètres.
2. Les valeurs rapportées sont la moyenne des évaluations produites par les deux examinatrices, l'erreur-type appropriée étant de 1,82.
3. Nous appliquons le critère d'une différence égale ou supérieure à deux fois l'erreur-type pour déclarer la significativité\*, soit de 3,64.
4. Significatif au seuil de 5 %
5. Puisque le test appliqué est bilatérale, (\*) signifie une détérioration significative.

### Corrélations de Pearson

Le tableau 6 présente les corrélations inter évaluatrices pour les principales données analysées. Comme nous pouvons constater, le niveau de fidélité inter évaluateur est excellent.

Tableau 6

Compilation des corrélations de Pearson (inter évaluateurs)

	Indice de Pearson
Corrélation de rang	0.928
Indice de normalité de courbure	0.878
ARA C2-C7	0.971
Tz	0.907
Atlas plane line	0.886

**Angulation C2-C7**

En ce qui a trait à l'angle de la lordose cervicale mesuré au croisement des tangentes postérieures de C2-C7, on constate que l'angle de la courbure cervicale tend à s'améliorer vers la valeur normale de 42,0° sans toutefois l'atteindre. Selon le tableau 12 en annexe, les différences notées sont positives, donc tendent vers l'amélioration. Seul le sujet 6, ayant une cyphose cervicale, obtient une différence négative. La moyenne des améliorations pour la prise d'angles C2-C7 est de  $11,1 \pm 7,5$ . Lors de la relance, nous pouvons observer une diminution de l'angle global par rapport à la valeur optimale (42,0°).

Figure 6

Amplitude angulaire de C2-C7 lors des évaluations périodiques

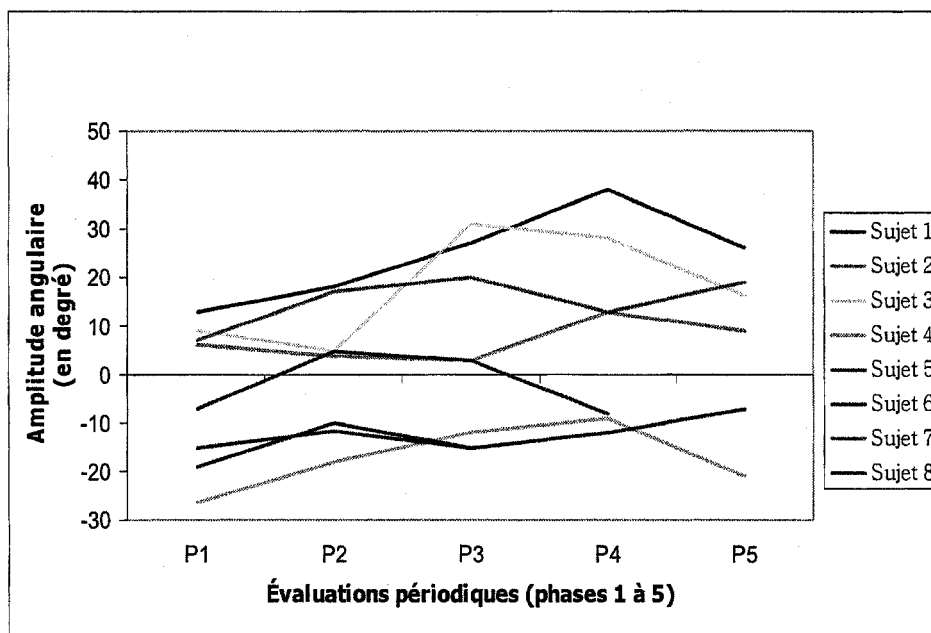


Tableau 7

Moyennes des améliorations pour l'angle global C2-C7, pour la translation antérieure de la tête (Tz), et pour l' « Atlas plane line »

Variables	Moyenne améliorations
C2-C7	11.1 ± 7.5
Tz c2-c7	- 4.8 ± 8.7
APL	9.8 ± 6.6

Quant à la mesure de l'inclinaison de l'atlas par rapport à l'horizontal, elle doit être de 28,7°. Selon le tableau 13 en annexe, nous avons observé que tous les sujets avaient une valeur initiale inférieure à cette dernière. De plus, nous constatons une augmentation de la mesure de cet angle pendant la durée des tractions. Cependant,

un mois après l'arrêt des traitements, cet angle a tendance à diminuer mais demeure plus élevé que la valeur initiale.

## **CHAPITRE IV**

### **DISCUSSION**

L'objectif principal de ce mémoire était de vérifier l'efficacité des tractions bidirectionnelles sur la correction des cyphoses et alordoses cervicales en appliquant les tractions bidirectionnelles et ce, à huit patients. Nous voulions, également, savoir si la méthode de mesure de l'évolution de la courbure était une méthode fidèle et si, par celle-ci, nous pouvions déterminer l'efficacité des tractions à travers les traitements.

Afin d'évaluer l'efficacité des tractions bidirectionnelles, cette étude a mesuré l'évolution de la courbure cervicale par trois mesures distinctes : le rang des tangentes, l'indice de normalité de la courbure et la translation antérieure de la tête. Les prochaines sections discuteront de l'évolution observée de la courbure cervicale ainsi que des limites de l'étude : fidélité des mesures, biais de sélection, devis quasi-expérimental, etc.

Dans un premier temps, nous avons déterminé que l'indice de normalité mesurait avec fidélité la courbure cervicale et que dans certains cas, l'indice nous a permis de mesurer une évolution significative de la courbure cervicale avec la progression des traitements.

Dans l'analyse des résultats, en comparant les données du test final et ceux de la relance aux données du pré-test, nous constatons une amélioration globale au niveau des données de l'indice de normalité de courbure de tous les sujets. Cependant, l'amélioration n'apparaît significative que pour quatre d'entre eux au test finale et quatre à la relance. D'un point de vue clinique, la méthode de mesure

s'avère fidèle et utile, mais globalement, nous ne pouvons pas confirmer l'efficacité des tractions bidirectionnelles.

Le calcul de l'indice de normalité de la courbure (N) nous a permis de compléter une analyse plus juste des résultats. En effet, cet indice permet d'établir le rang de classement de la courbure cervicale du sujet par rapport à une mesure idéale. On note, pour tous les sujets, une différence positive de l'indice de normalité entre les mesures de la radiographie « pré-test » versus la radiographie « test final ». On dénote une amélioration statistiquement significative que pour les sujets 1, 2, 3 et 7 en comparant la phase pré-test et test final mais aussi en comparant la phase pré-test et la relance. Par exemple, pour le sujet 1, l'indice était de -0,45 au départ, de 7,35 à la fin des traitements et de 4,28, un mois après l'arrêt des traitements. Pour le sujet 2, il obtient : -0,08; 2,60; 2,40 et le sujet trois obtient aussi une amélioration significative; 0,30; 3,94; 2,48. Ces résultats sont significatifs en test final mais aussi au moment de la relance.

Les effets des tractions tendent donc à perdurer dans le temps. Une évaluation complétée plusieurs mois après l'expérimentation permettrait de s'assurer de l'efficacité à long terme des tractions bidirectionnelles. Par exemple, Harrison et Cailliet ont démontré que l'amélioration de l'angulation C2-C7 persiste 15 mois après la fin d'un traitement de tractions bidirectionnelles.<sup>128</sup>

Dans notre étude, d'autres paramètres auraient pu être ajoutés. Par exemple, un instrument de mesure comme le « pain visual analog scale » (VAS) aurait permis de mesurer l'évolution des symptômes des patients. Idéalement, il aurait aussi été possible de mieux suivre la pratique des exercices correctifs. Les exercices ont été prescrits mais leur fréquence et leur intensité n'ont pas été mesurées; il est par conséquent impossible de juger de leur contribution à l'évolution de la condition des

patients. Ainsi, notre étude ne permet pas de savoir si les patients pour lesquels l'indice de normalité de la courbure s'est amélioré ont davantage pratiqué les exercices prescrits par rapport à ceux pour lesquels il n'y a pas eu d'amélioration significative. Nous ne pouvons que supposer que si les patients dont la translation antérieure de la tête s'est détériorée avaient exécuté leurs exercices à une fréquence régulière, ils auraient probablement eu une amélioration plutôt qu'une détérioration. L'effet des exercices correctifs sur la posture du rachis cervical est bien documenté.

L'analyse des données permet de distinguer deux catégories de sujets, en plus du sujet ayant des données incomplètes (sujet 6) : les patients ayant une cyphose avec port antérieur de la tête (sujets 4-7-8) et les patients ayant une alordose (sujets 1-2-3-5).

### **Patient ayant des données incomplètes**

Les 2 groupes précédents n'incluent pas le sujet 6, dont les données sont incomplètes. Ce sujet exhibait donc une cyphose cervicale avec un port antérieur de la tête et n'a obtenu aucune amélioration significative, tant au niveau de l'indice de normalité de la courbure, de l'antériorité de la tête qu'au niveau de l'angle C2-C7, où il est passé de -14,25 à -12,5, ce qui ne représente pas une différence statistiquement significative. Par contre, ces chiffres démontrent qu'aucune détérioration n'est survenue. Au niveau de l'antériorité de la tête, elle est passée de +29,0 mm à +24,0 mm. Cette différence n'est pas statistiquement significative mais ne représente pas non plus une détérioration de cette condition du patient. Comme les tractions furent arrêtées pour ce patient après 35 séances, seulement trois des cinq phases de radiographies ont été complétées. Par conséquent, il manque, pour compléter son dossier, les évaluations en test final et en relance. Ce qui n'a pas

permis de mesurer l'influence des 50 tractions bidirectionnelles sur la correction de sa cyphose cervicale. Les raisons de l'exclusion de l'expérimentation étant qu'aucun changement visible sur radiographie n'était observé et mesuré et que, le cas échéant, il nécessitait un autre type de traction plus vigoureux. Le type de traitement n'a pu aggraver sa condition; quelques effets bénéfiques au niveau du bien-être du sujet ont été soulignés. L'efficacité des tractions pour diminuer la douleur ou pour améliorer la symptomatologie n'a pas été évaluée faute de mesure, par exemple du VAS (Visual analog scale).<sup>129</sup> Grâce à ces mesures, nous aurions pu conclure sur les bénéfices de type qualitatif des tractions, malgré une absence d'amélioration de la courbure et de l'antériorité de la tête. Il n'est donc pas impossible que les tractions aient contribué à l'amélioration des symptômes de ce patient. Car, selon la littérature, les modifications d'alignement vertébral peuvent être la source de nombreux symptômes dont la douleur et de processus dégénératifs au niveau des muscles, tendons, ligaments, fascias, disques, articulations, structures osseuses, ainsi qu'au niveau de la moelle épinière et ses racines.<sup>130</sup> Aussi, un défaut d'alignement postural peut être directement ou indirectement responsable de syndromes vertébraux pouvant causer la douleur.<sup>131</sup>

À ce sujet, selon Harrison, une méthode de tractions en extension-compression serait appropriée pour les courbures en cyphose ayant une composante positive dans l'axe des z, c'est-à-dire en translation, allant de 15,0 mm à 25,0 mm.<sup>132</sup> Selon l'étude, cette méthode de traction entraînerait une modification de la configuration de la courbure cervicale par le maintien d'une position en extension, de manière répétitive, permettant une adaptation des tissus mous.<sup>133</sup> Ce type de traction s'avère efficace avec ce type de courbure, toujours selon cette même étude. Ce constat



suggère donc une investigation plus approfondit au niveau de l'expérimentation et de la littérature.

### **Patients ayant une cyphose avec antériorité de la tête**

Les sujets 4, 7 et 8, dans la catégorie des cyphoses avec antériorité de la tête, ont obtenu des résultats différents malgré leur similitude au niveau du patron de courbure. Le sujet 7, cyphotique ayant reçu 50 séances de tractions, a obtenu une amélioration statistiquement significative de l'indice de normalité de la courbure, soit; de 1,94 à 4,71 en relance.

Les sujets 4 et 8 obtiennent des résultats statistiquement non significatifs au niveau de l'indice de normalité de la courbure. Même si la tendance était à l'amélioration, rien de significatif n'est obtenu, encore moins en relance. Aucune détérioration n'est cependant survenue. La caractéristique commune pouvant nous pister pour conclure est la courbure complètement renversée en cyphose ainsi que la tête qui est en antériorité. Le nombre de tractions ne semble pas avoir eu une incidence significative sur l'amélioration de la courbure. Le sujet 4 a subi un total de 50 séances de tractions et n'obtient pas de résultats significatifs pas plus que le sujet 8 qui a eu un total de 48 séances.

Nous pouvons en déduire que la méthode de tractions n'était probablement pas adéquate et qu'une autre méthode devrait être utilisée pour ces types de courbure. Ce type de déformations au niveau de la courbure correspondrait aussi, comme mentionné plus haut, aux tractions en extension-compression. Puisque les courbures ayant une alordose versus une cyphose détiennent des caractéristiques différentes au niveau de la configuration, de la mécanique, de la position des vertèbres, des

ligaments ainsi qu'au niveau des tissus mous adjacents, elles ne devraient donc pas être traitées de la même façon.

Par contre, lorsque l'on observe les données pour l'antériorité de la tête, le sujet 4 est le seul de sa catégorie ayant obtenu une amélioration statistiquement significative; soit de 25,5 mm à 16,0 mm. La mesure idéale de translation de C2 par rapport à une verticale passant par C7 est de 0 mm.

### **Patients ayant une alordose**

La troisième catégorie de données inclut les sujets pour lesquels les traitements ont donné des résultats statistiquement significatifs au niveau de l'indice de normalité de la courbure dans trois cas sur quatre, soit les sujets 1, 2, et 3. On peut donc conclure que le type de traction semble être approprié pour ce patron de courbure. La littérature le confirme aussi.<sup>134</sup>

Le sujet 1 est le seul de tous les sujets à obtenir, autant au niveau de l'indice que de l'antériorité de la tête, une amélioration statistiquement significative.

Les sujets 2, 3 et 5 démontrent une augmentation de l'antériorité de la tête ; ce qui signifie une détérioration par rapport à l'état initial. Ces résultats, même si la méthode utilisée est fidèle, présentent certaines lacunes qui échappent au contrôle de l'expérimentateur. La principale variable pouvant réellement avoir un impact sur l'antériorité de la tête est l'exécution quotidienne d'exercices correctifs pour la tête; soit des exercices d'étirement et de renforcement spécifiques. Les piètres résultats en lien avec ce paramètre peuvent s'expliquer par le manque de rigueur au niveau du contrôle des exercices pour la correction des déviations posturales. Puisque les exercices devaient être exécutés à la maison, on ne pouvait pas s'assurer de la fréquence et de la qualité de leur exécution. Par contre, la tenue d'un journal aurait

pu mieux nous pister sur la contribution des exercices correctifs à l'apport global des traitements sur le patient.

Certains éléments, tels les habitudes posturales au travail ou aux études, les mouvements répétitifs, l'entraînement ou la pratique de certains sports de chacun, peuvent renforcer de manière plus importante la position de la tête en antériorité, ces résultats pourraient faire l'objet d'autres études et investigations au niveau de la littérature.

Selon l'étude de Donald D. Harrison (2002), les trente sujets expérimentaux obtiennent une amélioration significative de l'antériorité de la tête. Par contre, ses sujets étaient vigoureusement suivis; ils devaient faire exercices correctifs, ajustements chiropratique et tractions. Lorsque toutes ces composantes sont réunies, les résultats obtenus sont, de façon global, statistiquement significatifs.<sup>135</sup>

Pour les deux sujets dont l'antériorité de la tête s'est amélioré, trois hypothèses se posent : soit que le sujet a été réellement assidu dans ses exercices correctifs, que c'est tout simplement le fruit du hasard, ou que les tractions ont réellement eu un effet positif sur la translation antérieure de la tête dans deux cas sur huit.

Cette hypothèse ne doit pas être écartée car, comme mentionné plus haut, il est difficile de conclure que les tractions n'ont pas eu ou ont eu peu d'effet positif sur la translation antérieure de la tête avec un faible nombre de sujets expérimentaux, surtout que la littérature démontre clairement le contraire. La différence entre la littérature et cette étude est le suivi systématique de l'exécution des exercices correctifs par les patients tout au long des traitements.

Comme les exercices correctifs posturaux ont un impact sur la posture des individus, s'ils ne sont pas exécutés, les habitudes posturales deviennent alors difficiles à changer. C'est-à-dire que pour modifier une habitude posturale, les

muscles doivent être entraînés de manière à contrer le patron moteur erroné et intégrer le nouveau patron moteur plaçant la tête dans une position optimale.

Rappelons l'étude de Troyanovich, où 59 % des patients souffrant de cervicalgie ont bénéficié d'un soulagement à long terme de leur douleur, en effectuant régulièrement les exercices correctifs pour la posture.<sup>136</sup>

### **Limites de l'étude**

#### Mesures de la courbure cervicale

Les limites liées aux radiographies sont bien documentées et décrites dans la section « revue de littérature » (voir p.10-11). Pour s'assurer d'une bonne précision des radiographies, plusieurs précautions ont été prises (ex. position, consignes aux sujets, etc.). La lecture des radiographies n'a pas été faite à l'aveugle, les observatrices connaissant le patient et la séquence des radiographies lues, ce qui peut introduire un certain biais et influencer les résultats en faveur de la méthode utilisée. Par contre, toutes les radiographies ont été lues et tracées de manière complètement indépendante par deux observatrices différentes. Les corrélations de Pearson entre les valeurs mesurées et saisies par les deux observateurs sont excellentes pour la corrélation de rang ( $r=0.93$ ), pour l'indice de normalité de la courbure ( $r=0.88$ ), pour l'amplitude C2-C7 ( $r=0.97$ ), pour la translation antérieure ( $r=0.91$ ) et pour l'« atlas plane line » ( $r=0.89$ ) (voir tableau 6). La fidélité inter évaluateur est donc excellente, et il est par conséquent peu probable que l'évolution de la courbure notée soit attribuable à une erreur de lecture des radiographies.

### **Biais de sélection**

Les sujets n'ont pas été sélectionnés aléatoirement et ne sont donc pas nécessairement représentatifs de tous les patients ayant besoin d'un tel traitement.

La participation était volontaire et tous les sujets étaient déjà traités en chiropratique. Compte tenu de l'intensité, de la fréquence (environ quatre séances de tractions par semaine) et de la durée des traitements (environ quatre mois), les sujets participants devaient être intéressés et très motivés. Par ailleurs, les cas les plus complexes ont été exclus (ex. hypertension artérielle, hernie discale, etc.). Il n'est donc pas possible de généraliser les résultats à l'ensemble des personnes ayant un renversement de la courbure cervicale.

### **Devis quasi-expérimental**

Le devis de recherche utilisé permet de mesurer l'évolution de la courbure par des mesures avant et après l'intervention. Par contre, plusieurs limites ne permettent pas d'attribuer avec certitude l'évolution observée à l'intervention, aux tractions bidirectionnelles. Par exemple, l'absence de groupe contrôle ne permet pas d'éliminer une amélioration spontanée de la courbure, ce qui est toutefois peu probable. De plus, d'autres facteurs que l'intervention ont pu influencer l'évolution de la courbure mais n'ont pas été pris en compte : microtraumatismes, posture, entraînement, travail physique, facteurs émotionnels, etc. Enfin, toutes les composantes de l'intervention n'ont pas été mesurées (exercices, traitements chiropratiques, etc.). Ainsi, l'évolution observée n'est peut-être pas attribuable seulement aux tractions mais plutôt à une combinaison d'interventions, toutes destinées à améliorer la condition des patients. Il s'avère impossible de distinguer l'efficacité relative de chacune.

Si l'expérimentation avait eu un groupe témoin, ce qui aurait augmenté la significativité des résultats, il aurait été intéressant du point de vue analytique de jumeler chaque sujet expérimental avec un sujet témoin, selon leurs similitudes

physiologiques : cette méthode aurait présenté un avantage statistique sensible pour l'étude, considérant le faible effectif échantillonnal.

De plus, plusieurs études énoncent que le recouvrement de la courbure cervicale permet d'augmenter la mobilité et la fonctionnalité pour ainsi réduire les symptômes et les risques de blessures associées à une rectitude ou à un renversement de la courbure cervicale. Il permet aussi de réintégrer une distribution normale des forces, par conséquent de réduire le stress mécanique sur les structures. La colonne retrouve ainsi sa capacité de distribuer équitablement les forces et contribue à réduire la douleur. Par exemple, au niveau du disque intervertébral, l'augmentation du stress asymétrique causé par un renversement de la courbure entraîne celui-ci dans un processus dégénératif. Les éléments fibreux, autour de l'anneau, en étant affaiblis, augmenteraient systématiquement les risques d'hernies discales.

De plus, l'amélioration de la composante accessoire au mouvement, engendrée par une réadaptation structurale, permettrait un mouvement physiologique de pleine amplitude au niveau des articulations du rachis cervical.

## CHAPITRE V

### CONCLUSION

Nous pouvons conclure qu'après une cinquantaine de tractions bidirectionnelles au niveau cervical, quatre des sujets sur huit démontrent une amélioration significative de leur courbure cervicale. L'évaluation en relance permet de constater un impact à moyen terme des tractions sur la courbure cervicale.

Rappelons qu'en théorie, les tractions bidirectionnelles peuvent avoir de nombreux effets bénéfiques à long terme pour les patients dont le rachis cervical démontre une perte de la lordose cervicale.<sup>137</sup> Selon la littérature, la correction d'une cyphose cervicale en lordose pourrait rétablir la stabilité posturale et structurale. La réadaptation structurale, grâce à un ensemble de traitements incluant les tractions cervicales bidirectionnelles, pourrait s'ajouter à la réadaptation fonctionnelle pour améliorer la mobilité, la fonctionnalité et diminuer la douleur, par exemple chez les accidentés de la route.

Rappelons que les cyphoses et alordoses cervicales constituent des facteurs de risque pour les douleurs cervicales et peuvent ainsi augmenter l'incidence des céphalées de tension et des migraines.<sup>138</sup>

C'est donc l'indice de normalité de courbure qui a permis de quantifier l'évolution donc d'évaluer l'efficacité des tractions bidirectionnelles. Les analyses effectuées ne permettent pas de confirmer avec certitude l'efficacité des tractions bidirectionnelles sur le recouvrement d'une lordose cervicale optimale. Cependant, plusieurs améliorations statistiquement significatives prouvent l'efficacité partielle des tractions bidirectionnelles principalement sur la correction de l'alordose cervicale.

Cette étude démontre donc une évolution favorable de la courbure cervicale chez certains sujets, en particulier chez les sujets souffrant d'alordose. Aucune aggravation de la courbure cervicale n'a été observée en cours d'étude. Les résultats confirment le potentiel d'efficacité des tractions bidirectionnelles pour améliorer la courbure cervicale. Compte tenu du faible nombre de sujets et de l'absence de groupe contrôle, d'autres études restent nécessaires. Il serait approprié d'éventuellement utiliser d'autres devis, quasi-expérimentaux par exemple. De plus, des études comparatives permettraient de mieux juger de l'efficacité et de l'utilité des tractions bidirectionnelles par rapport aux autres interventions possibles.



**ANNEXE**

## TABLEAUX

Tableau 8

Mesures périodiques des radiographies en latéral pour un sujet du groupe  
expérimental.<sup>12</sup>

Variables	Pré-test (1)	2	3	Test final (4)	Relance (5)	Différence Pré-test – relance*
RRA C2-C3	1,5	1,0	1,0	3,5	1,0	- 0,5
RRA C3-C4	-5,5	-2,0	-3,0	2,5	0	+5,5
RRA C4-C5	-2,5	-5,5	1,0	6,0	-4,5	-2,0
RRA C5-C6	-2,5	9,0	1,0	6,0	4,5	+7,0
RRA C6-C7	24,0	20,0	21,5	19,5	27,5	+3,5
ARA C2-C7	15,0	17,5	22,5	36,5	29,0	+14,0
Tz C1-C7 (mm)	24,0	18,5	25,0	4,0	14,5	-9,5
Atlas plane line (APL)	6,5	11,0	13,5	26,5	16,5	+10,0
r **	-0,0562	0,2176	0,3559	0,9855	0,5769	+ 0,6331
Indice N ***	-0,4508	1,5105	2,5263	7,3485	4,2843	+ 4,7351

1. Les valeurs rapportées sont la moyenne des évaluations produites par les deux examinatrices.

2. Les valeurs d'angles intervertébraux ainsi que l'Atlas plane line s'expriment en degré.

\* La différence mesurée entre la radiographie en pré-test(1) et en relance (5)

\*\* Le r correspond à la corrélation de rang

\*\*\* L'indice N correspond à l'indice de normalité de la courbure

Tableau 9

Fidélité inter évaluateur pour la corrélation de rang (r) pour chaque sujet à chacune  
des évaluations périodiques :

	Évaluateur 1	Évaluateur 2	Pearson
<b>1.1</b>	0,03035884	-0,14285714	0,73324579
<b>1.2</b>	0,46381683	-0,02857143	
<b>1.3</b>	0,16903085	0,54285714	
<b>1.4</b>	0,97100831	1	
<b>1.5</b>	0,51610023	0,63774814	
<b>2.1</b>	0	-0,0579771	0,85595367
<b>2.2</b>	0,03035884	-0,42857143	
<b>2.3</b>	0,6761234	0,02857143	
<b>2.4</b>	0,94112395	0,98561076	
<b>2.5</b>	0,81167945	0,5002164	
<b>3.1</b>	0,16903085	0,48571429	0,3132298
<b>3.2</b>	0,84515425	-0,14285714	
<b>3.3</b>	0,98561076	1	
<b>3.4</b>	0,98561076	1	
<b>3.5</b>	0,84515425	0,94112395	
<b>4.1</b>	-0,98561076	-1	0,79838356
<b>4.2</b>	-0,97100831	-1	
<b>4.3</b>	-0,73561236	-0,840668	
<b>4.4</b>	-0,88487942	-0,82857143	
<b>4.5</b>	-0,92763366	-1	
<b>5.1</b>	-0,88571429	-0,65714286	0,98400342
<b>5.2</b>	-0,03035884	0,47540694	
<b>5.3</b>	-0,57977104	-0,08571429	
<b>5.4</b>	-0,94112395	-0,54285714	
<b>5.5</b>			
<b>6.1</b>	-0,81167945	-0,81167945	0,82380736
<b>6.2</b>	-0,88040627	-1	
<b>6.3</b>	-0,97100831	-1	
<b>7.1</b>	0,37142857	0,40583972	0,92517101
<b>7.2</b>	0,81167945	0,77142857	
<b>7.3</b>	0,98561076	0,82857143	
<b>7.4</b>	0,9258201	0,77142857	
<b>7.5</b>	0,77142857	0,82857143	
<b>8.1</b>	-0,77142857	-0,94285714	0,22377803
<b>8.2</b>	-0,75897093	-0,94285714	
<b>8.3</b>	-0,840668	-0,81167945	
<b>8.4</b>	-0,840668	-0,85312341	
<b>8.5</b>	-0,65714286	-0,77142857	
<b>Pearson global :</b>			<b>0,92753941</b>

Tableau 10

Fidélité inter évaluateur pour l'indice de normalité (N) de la courbure pour chaque  
sujet à chacune des évaluations périodiques

	<b>Évaluateur 1</b>	<b>Évaluateur 2</b>	<b>Pearson</b>
<b>1.1</b>	0,21251186	-1,11428571	0,69756291
<b>1.2</b>	3,2467178	-0,22571429	
<b>1.3</b>	0,70992957	4,34285714	
<b>1.4</b>	6,79705819	7,9	
<b>1.5</b>	4,23202188	4,33668735	
<b>2.1</b>	0	-0,1681336	0,79283461
<b>2.2</b>	0,10322005	-2,1	
<b>2.3</b>	1,35224681	0,12	
<b>2.4</b>	2,44692227	2,75971013	
<b>2.5</b>	3,40905369	1,40060593	
<b>3.1</b>	0,77754191	-0,1681336	0,55757557
<b>3.2</b>	2,36643191	-2,1	
<b>3.3</b>	5,32229811	0,12	
<b>3.4</b>	5,12517596	2,75971013	
<b>3.5</b>	3,54964787	1,40060593	
<b>4.1</b>	-5,12517596	-5,4	0,91743624
<b>4.2</b>	-2,91302494	-3,8	
<b>4.3</b>	-1,76546966	-3,86707281	
<b>4.4</b>	-1,23883118	-2,40285714	
<b>4.5</b>	-4,08158809	-4,4	
<b>5.1</b>	-3,18857143	-2,76	0,99681552
<b>5.2</b>	-0,03035884	1,04589527	
<b>5.3</b>	-1,33347338	-0,39428571	
<b>5.4</b>	-2,25869748	-1,84571429	
<b>6.1</b>	-3,40905369	-2,75971013	
<b>6.2</b>	-1,05648753	-2,3	0,62749855
<b>6.3</b>	-2,52462161	-3,2	
<b>7.1</b>	1,85714286	2,02919862	
<b>7.2</b>	3,57138958	4,93714286	
<b>7.3</b>	4,73093165	5,13714286	
<b>7.4</b>	2,59229628	4,32	0,80268709
<b>7.4</b>	2,59229628	4,32	
<b>7.5</b>	4,78285714	4,64	
<b>8.1</b>	-6,17142857	-5,65714286	
<b>8.2</b>	-3,18767789	-3,77142857	
<b>8.3</b>	-4,87587441	-4,54540492	0,74776289
<b>8.4</b>	-4,53960721	-3,24186895	
<b>8.5</b>	-4,33714286	-4,55142857	
<b>Pearson global</b>			<b>0,87837845</b>

Tableau 11

Fidélité inter évaluateur pour la translation antérieure de la tête (Tz) pour chaque  
sujet à chacune des évaluations périodiques

	<b>Évaluateur 1</b>	<b>Évaluateur 2</b>	<b>Pearson</b>
<b>1.1</b>	23	24,5	
<b>1.2</b>	16	21	
<b>1.3</b>	25	25	
<b>1.4</b>	0	8	
<b>1.5</b>	16	13	
<b>2.1</b>	7	7	
<b>2.2</b>	16	22	
<b>2.3</b>	9	12	
<b>2.4</b>	10	15	
<b>2.5</b>	10	11,5	
<b>3.1</b>	13	10	
<b>3.2</b>	22	23	
<b>3.3</b>	15	16,5	
<b>3.4</b>	33	31,5	
<b>3.5</b>	39	32	
<b>4.1</b>	24	27	
<b>4.2</b>	19	23	
<b>4.3</b>	18	19	
<b>4.4</b>	11	14	
<b>4.5</b>	15	17	
<b>5.1</b>	20	24	
<b>5.2</b>	16	24	
<b>5.3</b>	20,5	20	
<b>5.4</b>	35	34	
<b>6.1</b>			
<b>6.2</b>	29	29	
<b>6.3</b>	25	24	
<b>7.1</b>	24	24	
<b>7.2</b>	29	27	
<b>7.3</b>	28	26	
<b>7.4</b>	24	25	
<b>7.4</b>	26	25	
<b>7.5</b>	32	29,5	
<b>8.1</b>	17	27	
<b>8.2</b>	29	23	
<b>8.3</b>	14	16	
<b>8.4</b>	19	17,5	
<b>8.5</b>	23	23	
	<b>Pearson global</b>		<b>0,90702163</b>

Tableau 12

Mesure de l'angulation C2-C7 pour chaque sujet à trois évaluations périodiques  
(pré-test, test final et relance).

Sujet	Phases	Pré-test (1)	Test final (4)	Relance (5)	Différence (1 et 5)
1	1 + 4 + 5	15,25	36,5	28,75	+ 13,5
2	1 + 4 + 5	5,25	12,5	11,5	+ 6,25
3	1 + 4 + 5	11	27,5	18,25	+ 7,25
4	1 + 4 + 5	-26	-7,75	-18,5	+ 7,50
5	1 + 4	-7,25	-9,75		- 2,50
6	1 + 3	-14,25	-12,5		+ 1,75
7	1 + 4 + 5	9,25	13,5	17,5	+ 8,25
8	1 + 4 + 5	-16,75	-8,5	-5,25	+ 11,50

Tableau 13

Mesure de l' « atlas plane line » pour chaque sujet à trois évaluations  
périodiques (pré-test, test final et relance).

Sujet	Phases	Pré-test (1)	Test final (4)	Relance (5)	Différence (1 et 5)
1	1 + 4 + 5	6	29	16	+ 10,0
2	1 + 4 + 5	18	24	18	+ 0,00
3	1 + 4 + 5	13	22	16	+ 3,0
4	1 + 4 + 5	4	23	13	+ 9,0
5	1 + 4	18	19		+ 1,0
6	1 + 3	8			-
7	1 + 4 + 5	11	17	19	+ 8,0
8	1 + 4 + 5	10,5	17	15	+ 4,5

## RÉFÉRENCES

- <sup>1</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>2</sup> Kapandji I. A. Physiologie articulaire : Tronc et rachis, Sieme édition, Paris, Maloine, 2000.
- <sup>3</sup> Hoving J.L. et al. A critical appraisal of review articles on the effectiveness of conservative treatment for neck pain, Spine vol 26, no 2, 2001
- <sup>4</sup> Baltaci et al. The short-term effect of manipulation and mobilization on pain and range of motion in patients with mechanical neck pain, J Orthopaedic Medecine 23 (3) 2001 93.
- <sup>5</sup> Troyanovich, S.J., Structural rehabilitation of the spine and posture : Rationale for treatment beyond the resolution of symptoms, JMPT, Jan 1998, vol 21, no 1.
- <sup>6</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>7</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>8</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002
- <sup>9</sup> Bagnall KM et al. A radiographic study of human fetal spine. J Anat 1977 ;123 : 777-782.
- <sup>10</sup> Peterson et al. Prevalence of hyperplastic articular pillars in the cervical spine and relationship with cervical lordosis, JMPT vol 22, no 6 july/august 1999.
- <sup>11</sup> Bagnall KM et al. A radiographic study of human fetal spine. J Anat 1977 ;123 : 777-782.
- <sup>12</sup> Harrison D.D. Spinal biomechanics : A chiropractic perspective. 1992.
- <sup>13</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>14</sup> Peterson CK, et al. Prevalence of hyperplastic articular pillars in the cervical spine and the relationship with cervical lordosis. JMPT 1999 ;22 :390-394.
- <sup>15</sup> Peterson CK, Wei T. Vertical hyperplasia of the cervical articular pillar. Another look at the straight cervical spine. J Chiropr 1987 ; 21 : 78-9.
- <sup>16</sup> Peterson et al. Prevalence of hyperplastic articular pillars in the cervical spine and relationship with cervical lordosis, JMPT vol 22, no 6 july/august 1999.
- <sup>17</sup> Juhl JH, Miller SM, Roberts GW. Roentgenographic variations in the normal cervical spine. Radiology 1962; 78: 591-597.
- <sup>18</sup> Helliewell PS, Evans PF, Wright V. The straight cervical spine: does it indicate muscle spasm ? J Bone Joint Surg 1994;76-B:103-106.
- <sup>19</sup> Fineman S, Borelli FJ, Rubinstein BM, Epstein H, Jacobson HG (1963) The cervical spine : Transformation of the normal lordotic pattern into a linear pattern in the neutral posture. A roentgenographic demonstration. J Bone Joint Surg 45-A: 1179-1183.
- <sup>20</sup> Keats TE. Atlas of normal roentgen variants that may simulate disease. 6<sup>th</sup> edition. Mosby, St.Louis, 1996.
- <sup>21</sup> Weir DC. Roentgenographic signs of cervical injury. Clin Orthop Rel Res 1979; 109; 9-17.
- <sup>22</sup> Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ, Holland B, Siskin L. Slight head nodding: Does it reverse the cervical curve ? Eur Spine J 2001; 10: 149-153.
- <sup>23</sup> Peterson et al. Prevalence of hyperplastic articular pillars in the cervical spine and relationship with cervical lordosis, JMPT vol 22, no 6 july/august 1999.
- <sup>24</sup> Beck CH. Accuracy and reliability of chiropractors and AECC students at visually estimating the cervical lordosis from radiographs. Bournemouth, England : Anglo-European College of Chiropractic ; 1997.
- <sup>25</sup> Yochum TR, Rowe LJ. Essentials of skeletal radiology. Vol 1. Baltimore: Williams and Wilkins; 1987. p. 169.
- <sup>26</sup> Harrison DE et al., Reliability of spinal displacement analysis on plane x-rays. JMPT 1998 ; 21 :252-66.
- <sup>27</sup> Harrison DE et al. A normal spinal position ; its time to accept the evidence. JMPT 2000 ; 23 : 623-644.
- <sup>28</sup> Harrison DE et al. Repeatability over time of posture, x-rays positioning and x-ray line drawing. JMPT 2002 in press.
- <sup>29</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>30</sup> Association chiropratique canadienne, Whiplash, edited by Dr Roland Bryans, Chairperson, CCA Whiplash committee.

- 
- <sup>31</sup> Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR, Cassidy JD, Duranceau J, Suissa S, et al. Scientific monograph of the Quebec task Force on whiplash associated disorders : redefining "whiplash" and its management. *Spine* 1995; 20 : 8S-58S.
- <sup>32</sup> Rothbart P., Introductory remarks, The international Whiplash Conference, Toronto, November 1998.
- <sup>33</sup> Harrison D.D., Spinal biomechanics : A Chiropractic Perspective, 1992.
- <sup>34</sup> R. E. Gay, The curve of the cervical spine : Variations and significance, *J Man Physiol Ther*, 16 :9 nov/dec 1993.
- <sup>35</sup> Association chiropratique canadienne, Whiplash, edited by Dr Roland Bryans, Chairperson, CCA Whiplash committee.
- <sup>36</sup> Association chiropratique canadienne, Whiplash, edited by Dr Roland Bryans, Chairperson, CCA Whiplash committee.
- <sup>37</sup> Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR, Cassidy JD, Duranceau J, Suissa S, et al. Scientific monograph of the Quebec task Force on whiplash associated disorders : redefining "whiplash" and its management. *Spine* 1995.
- <sup>38</sup> Association chiropratique canadienne, Whiplash, edited by Dr Roland Bryans, Chairperson, CCA Whiplash committee.
- <sup>39</sup> Spitzer WO, Skovron ML, Salmi LR, Cassidy JD, Duranceau J, Suissa S, et al. Scientific monograph of the Quebec task Force on whiplash associated disorders : redefining "whiplash" and its management. *Spine* 1995.
- <sup>40</sup> Kapandji I.A. Physiologie articulaire, 5<sup>ème</sup> édition, Maloine, Paris 2000.
- <sup>41</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002
- <sup>42</sup> Walmsley RP, Kimber P, Culham E. The effect of initial head position on active axial rotation range of motion in two age populations. *Spine* 1996; 21: 2435-2442.
- <sup>43</sup> Mayoux-Benhamou MA, Revel M. Influence of head position on dorsal neck muscle efficiency. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1993; 33 :161-166.
- <sup>44</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>45</sup> Watson DH, Trott PH. Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalgia* 1993; 13: 272-284.
- <sup>46</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>47</sup> Ozbek MM, Miyamoto K, Lowe AA, Fleetham JA. Natural head posture, upper airway morphology and obstructive sleep apnoea severity in adults. *Eur J Orthod* 1998; 20 : 133-143.
- <sup>48</sup> Saunders D. Evaluation, treatment and prevention of musculoskeletal disorders. Bloomington, MN, Educational opportunities, 1985.
- <sup>49</sup> Prentice W.E., Voight M.I., Technique in musculoskeletal rehabilitation, McGraw-Hill, 2001.
- <sup>50</sup> Prentice W.E., Voight M.I., Technique in musculoskeletal rehabilitation, McGraw-Hill, 2001.
- <sup>51</sup> Highland TR, Dreisinger TE, Vie LL, Russel GS. Change of isometric strength and range of motion of the isolated cervical spine after eight weeks of clinical rehabilitation. *Spine* 1992; 17: 77-82.
- <sup>52</sup> Wright AW, Mayer TG, Gatchel RJ. Outcomes of disabling cervical spine disorders in compensation injuries. A prospective comparison to tertiary rehabilitation response for chronic lumbar spinal disorders. *Spine* 1999; 24(2): 178-183.
- <sup>53</sup> Jordon A, Ostergaard K. Implementation of neck\shoulder rehabilitation in primary health care clinics. *J Manipulative Physiol Ther* 1996; 19(1):36-40.
- <sup>54</sup> Jordon A, Mehlsen J, Ostergaard K. A comparison of physical characteristics between patients seeking treatment for neck pain and age-matched healthy people. *J Manipulative Physiol Ther* 1997; 20(7): 468-475.
- <sup>55</sup> Hannecke V, Mayoux-Benhamou MA, Bonnichon P, Butler-Browne GS, Michel P, Pompidou A, Barbet JP. Metabolic differentiation of the human longus colli muscle. *Morphologie* Juin 2000; 85 (269) : 9-12.
- <sup>56</sup> Hammer, Warren I., Fonctionnal soft tissue examination and treatment by manual methods, Second Edition, 1999.
- <sup>57</sup> Hiemeyer K, Lutz R, Menninger H. Dependence of tender points upon posture : a key to the understanding of fibromyalgia syndrome. *J Man Med* 1990 ;5 :169-74.
- <sup>58</sup> Breig A. Adverse mechanical tension in central nervous system : analysis of cause and effect- relief by functional neurosurgery. New York : John Wiley and Son ; 1978.
- <sup>59</sup> Louis R. Vertébroradicular and vertébromedullar dynamics. *Anatomia clinica* 1981 ; 3 :1-11



- 
- <sup>60</sup> Breig A, Turnbull I, Hassler O. Effects of mechanical stresses on the spinal cord in cervical spondylosis : a study on fresh cadaver material. *J Neurosurg* 1966 ; 25 :45-56.
- <sup>61</sup> Rossitti S. Biomechanics of the pons-cord tract and its enveloping structures : an overview. *Acta Neurochirurgica* 1993 ; 124 :144-52.
- <sup>62</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A Review of Biomechanics of the Central Nervous System. PART I: Spinal Canal Deformations Due to Changes in Posture. *J Manipulative Physiol Ther* 1999; 22(4):227-34.
- <sup>63</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A Review of Biomechanics of the Central Nervous System. PART II: Strains in the Spinal Cord from Postural Loads. *J Manipulative Physiol Ther* 1999; 22(5):322-332.
- <sup>64</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A Review of Biomechanics of the Central Nervous System.. PART III: Neurologic Effects of Stresses and Strains. *J Manipulative Physiol Ther* 1999; 22(6):399-410.
- <sup>65</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A Review of Biomechanics of the Central Nervous System.. PART III: Neurologic Effects of Stresses and Strains. *J Manipulative Physiol Ther* 1999; 22(6):399-410.
- <sup>66</sup> Visscher, C.M., Boer, W. et Naeije, M., The relationship between posture and curvature of the cervical spine, *JMPT* vol 21, no 6 p388-391, juillet/août 1998.
- <sup>67</sup> Allard et Bianchi. *Analyse du mouvement humain par la biomécanique*, 2<sup>e</sup> Édition, Vigot, 2000.
- <sup>68</sup> Cailliet R. Neck and arm pain. Philadelphia : FA Davis, 1981.
- <sup>69</sup> Cailliet R. Neck and arm pain. Philadelphia : FA Davis, 1981.
- <sup>70</sup> Harrison D.E., Harrison D.D., Janik T.J., Jones E.W., Cailliet R., Normand M. Comparison of axial and flexural stresses in lordosis and three buckled configurations of the cervical spine. *Clin Biomech* 16 (2001) 276-284.
- <sup>71</sup> Idem
- <sup>72</sup> Braaf MM, Rosner S. Symptomatology and treatment of injuries of the neck. *NY State J Med* 1955;55 :237-42.
- <sup>73</sup> Davis AG. Injuries of the cervical spine. *JAMA* 1945 ; 127 :149-56.
- <sup>74</sup> Jackson, R. The cervical syndrome. Charles C., Thomas Co. 1978.
- <sup>75</sup> Murphy, D.R. Chiropractic rehabilitation of the cervical spine, *JMPT*, July/ August 2000, vol 23,no 6.
- <sup>76</sup> Hardacker JW et al., Radiographic standing cervical segmental alignment in adult volunteers without neck symptoms. *Spine* 1997 ; 22 :1472-80. Harrison DD et al., Pathological stress formations on anterior vertebral body in the cervicals. Mechanical Engineering Dept., Univ. Of Colorado, 1983:31-50.
- <sup>77</sup> Troyanovich, S.J., Structural rehabilitation of the spine and posture : Rationale for treatment beyond the resolution of symptoms, *JMPT*, Jan 1998, vol 21, no 1.
- <sup>78</sup> Schoensee SK, Jensen G, Nicholson G, Gossman M, Katholi C. The effect of mobilization on cervical headaches. *JOSPT*. 1995 ; 21 (4) :184-196.
- <sup>79</sup> Nilsson N. The prevalence of cervicogenic headache in a random population sample of 20-59 years-olds. *Spine*. 1995 ; 20(17) :1884-1888.
- <sup>80</sup> Kunkel RS. Diagnosis and treatment of muscle contraction (tension-type) headaches. *Med Clin North Am* 1991 ; 75 (3) : 595-60.
- <sup>81</sup> Vernon H, Steinam I, Hagino C. Cervicogenic dysfunction in muscle contraction headache and migraine: a descriptive study. *JMPT* vol 15 no 7 sept 1992
- <sup>82</sup> Lui YK, Dai QG. The second stiffest axis of a beam-column : implications for cervical spine trauma. *J Biomech Eng* 1989 ; 111 :122-7.
- <sup>83</sup> Pal GP, Sherk H. The vertical stability of the cervical spine. *Spine* 1988 ; 13 :447-9.
- <sup>84</sup> Adams MA, Hutton WC, Mechanics of the intervertebral disc. In :Ghosh P, editor. *The biology of the intervertebral disc*. Vol 2. Boca Raton (FL) : CRC Press ; 1988.
- <sup>85</sup> Kapandji, I.A. *Physiologie articulaire*, Paris, 2000.
- <sup>86</sup> Kapandji, I.A. *Physiologie articulaire*, Paris, 2000.
- <sup>87</sup> Breig A. *Biomechanics of the central nervous system* Almqvist and Wiksell, Stockholm, 1960.
- <sup>88</sup> Breig A. *Adverse mechanical tension in the central nervous system. Analysis of cause and effect. Relief by functional neurosurgery*. Stockholm: Almqvist and Wiksell International, New York: John Wiley and sons, 1978.

- <sup>89</sup> Breig A. Skull traction and cervical cord injury. A new approach to improved rehabilitation. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1989.
- <sup>90</sup> Breig A, Adverse mechanical tension in the central nervous system, New York : John Wiley & Son, 1978.
- <sup>91</sup> Breig A, Adverse mechanical tension in the central nervous system, New York : John Wiley & Son, 1978.
- <sup>92</sup> Breig A, Adverse mechanical tension in the central nervous system, New York : John Wiley & Son, 1978.
- <sup>93</sup> Harrison, D.D., Spinal biomechanics : A Chiropractic Perspective, 1992.
- <sup>94</sup> Klein, A.Sobel, D. Backache relief. New York : Penguin, 1986.
- <sup>95</sup> Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Les muscles; bilan et etude fonctionnels, anomalies et douleurs posturales. 4<sup>ieme</sup> édition, Édition Pradel, Paris 1995.
- <sup>96</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>97</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>98</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>99</sup> Grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de la langue française, 1999.
- <sup>100</sup> Woo S, Livesay GA, Runco TJ, Young EP. Structure and function of tendons and ligaments. In: Mow VC, Hayes WC, eds. Basic Orthopaedic Biomechanics. 2 nd ed. Philadelphia Lipincott-Raven; 1997, p. 209-252.
- <sup>101</sup> Cochran G. A Primer of Orthopedic Biomechanics. Churchill Livingstone, 1982.
- <sup>102</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>103</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>104</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>105</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>106</sup> Katavich L. Neural mechanisms underlying manual cervical traction, J Man and Manipul Ther. Vol 7
- <sup>107</sup> Katavich L. Neural mechanisms underlying manual cervical traction, J Man and Manipul Ther. Vol 7
- <sup>108</sup> Harrison, D.D., Spinal biomechanics : A Chiropractic Perspective, 1992.
- <sup>109</sup> Troyanovich SJ, Harrison DD, Chiropractic biophysics technique, Chiropractic technique, 1996.
- <sup>110</sup> Prentice W.E., Voight M.L., Technique in musculoskeletal rehabilitation, McGraw-Hill, 2001.
- <sup>111</sup> Harrison, D.D., Spinal biomechanics : A Chiropractic Perspective, 1992.
- <sup>112</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>113</sup> Harrison DD, Janik TJ, Troyanovich SJ, Holland B. Comparisons of lordotic cervical spine curvatures to a theoretical ideal model of the static sagittal cervical spine. Spine 1996; 21:667-675.
- <sup>114</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>115</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Janik TJ, Holland B. New 3-Point Bending Traction Method of Restoring Cervical Lordosis Combined with Cervical Manipulation: Non-randomized Clinical Control Trial. Arch Phys Med Rehab 2002; 83(4):447-453.
- <sup>116</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>117</sup> Bullock-Saxton J. Postural alignment in standing: a repeatable study. Aust J Physiother 1993;39:25-9.
- <sup>118</sup> Hanten WP, Lucio RM, Russell JL, Brunt D. Assessment of total head excursion and resting head posture. Arch Phys Med Rehabil 1991;72:877-80.
- <sup>119</sup> Garrett TR, Youdas JW, Madson TJ. Reliability of measuring forward head posture in a clinical setting. J Orthop Sports Phys Ther 1993;17:155-60
- <sup>120</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>121</sup> Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ. Reliability of spinal displacement analysis on plain x-rays : a review of commonly accepted facts and fallacies with implications for chiropractic education and technique. JMPT Vol. 21. no 4. may 1998 p. 252-266.
- <sup>122</sup> Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ. Reliability of spinal displacement analysis on plain x-rays : a review of commonly accepted facts and fallacies with implications for chiropractic education and technique. JMPT Vol. 21. no 4. may 1998 p. 252-266.
- <sup>123</sup> Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ. Reliability of spinal displacement analysis on plain x-rays : a review of commonly accepted facts and fallacies with implications for chiropractic education and technique. JMPT Vol. 21. no 4. may 1998 p. 252-266.
- <sup>124</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.

- 
- <sup>125</sup> Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ. Reliability of spinal displacement analysis on plain x-rays : a review of commonly accepted facts and fallacies with implications for chiropractic education and technique. JMPT Vol. 21. no 4. may 1998 p. 252-266.
- <sup>126</sup> Harrison DE, Holland B, Harrison DD, Janik TJ. Further reliability analysis of the Harrison radiographic line drawing methods : Crossed ICCs for lateral posterior tangents and AP modified Riser-Ferguson. JMPT 2002; 25: in press.
- <sup>127</sup> Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Troyanovich SJ, Janik TJ. Cobb method or Harrison posterior tangent method : Which is better for lateral cervical analysis ? Spine 2000; 25(16): 2072-2078.
- <sup>128</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Janik TJ, Holland B. New 3-Point Bending Traction Method of Restoring Cervical Lordosis Combined with Cervical Manipulation: Non-randomized Clinical Control Trial. Arch Phys Med Rehab 2002; 83(4):447-453.
- <sup>129</sup> Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Janik TJ, Holland B. New 3-Point Bending Traction Method of Restoring Cervical Lordosis Combined with Cervical Manipulation: Non-randomized Clinical Control Trial. Arch Phys Med Rehab 2002; 83(4):447-453.
- <sup>130</sup> Troyanovich, S.J., Structural rehabilitation of the spine and posture : Rationale for treatment beyond the resolution of symptoms, JMPT, Jan 1998, vol 21, no 1.
- <sup>131</sup> Hiemeyer K, Lutz R, Menninger H. Dependence of tender points upon posture : a key to the understanding of fibromyalgia syndrome. J Man Med 1990 ;5 :169-74.
- <sup>132</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002, p121.
- <sup>133</sup> Harrison DD, Jackson BL., Troyanovich S., De George D., Barker WF., The efficacy of cervical extension-compression traction combined with diversified manipulation and drop table adjustments in the rehabilitation of cervical lordosis: a pilot study. JMPT vol 17 no 7, September 1994.
- <sup>134</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>135</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>136</sup> Troyanovich SJ, Harrison DD, Chiropractic biophysics technique, Chiropractic technique, 1996.
- <sup>137</sup> Harrison DD, Harrison DE, Haas JW, CBP structural rehabilitation of the cervical spine, USA, 2002.
- <sup>138</sup> Visscher, C.M., Boer, W. et Naeije, M., The relationship between posture and curvature of the cervical spine, JMPT vol 21, no 6 p388-391, juillet/août 1998.