

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

JEAN-LUC GAUTHIER

**COMPARAISON DES PARAMÈTRES BIOMÉCANIQUES DE LA
MANIPULATION VERTÉBRALE LOMBAIRE EN FONCTION DE
L'EXPÉRIENCE**

FÉVRIER 2008

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.

RÉSUMÉ

Contexte actuel : La manipulation vertébrale est de plus en plus utilisée pour traiter divers problèmes de nature musculosquelettique. Son enseignement dans les différents corps professionnels peut varier de formation se déroulant de façon ponctuelle la fin de semaine à une formation universitaire de cinq années. L'enseignement des techniques de manipulation vertébrale est cependant très variable. De façon générale, l'apprentissage de la manipulation vertébrale se fait encore de façon subjective, où l'enseignant donne son appréciation de la tâche motrice à l'élève. En l'absence de paramètres objectifs, il est donc difficile d'apprécier le degré d'expertise du sujet. À ce jour, peu de recherches scientifiques ont permis d'objectiver la manipulation vertébrale.

Objectif : Le but de cette recherche est donc d'évaluer certaines variables biomécaniques utilisées lors de l'évaluation de manipulations thoraciques et de les transposer aux manipulations lombaires pour en évaluer leur validité. En deuxième lieu, cette recherche vise à démontrer l'expertise qui se développe au cours d'un cheminement académique.

Méthodologie : L'étude compare des chiropraticiens d'expérience à trois groupes d'étudiants : de première, troisième et de cinquième année. On utilise, lors de l'expérimentation, une manipulation vertébrale de type roulé-lombaire. Les sujets doivent réaliser dix essais sur un mannequin muni d'une cellule de force pour mesurer la force transmise au segment à manipuler. Une plate-forme de force et un accéléromètre sont également utilisés pour évaluer l'utilisation du corps et la magnitude des différents vecteurs de force.

Résultats : Des différences significatives ont été notées entre le groupe expert et le groupe novice au niveau du taux de production de force et au niveau de la force maximale

appliquée. On note également une différence pour les étudiants de cinquième année et les groupe novice au niveau de la force maximale et au niveau du délai d'atteinte du pic. Les étudiants de troisième année, quant à eux, différent des sujets novices au niveau du délai d'atteinte du pic.

Discussion : De façon générale, on note que les experts sont capables de produire un plus grand taux de force que la cohorte novice. Ils atteignent plus rapidement la force maximale. Le délai d'atteinte du pic ainsi que le taux de production de force sont rapidement maîtrisés par les étudiants, et ce dès la troisième année, puisque l'on ne note aucune différence statistique entre les experts et les étudiants de troisième et de cinquième année. Ce mannequin, permettrait donc d'évaluer objectivement la force résultante transmise au segment vertébral et d'en apprécier la magnitude et la rapidité.

L'insertion du mannequin pour la pratique de ces paramètres pourrait donc être bénéfique à l'apprentissage des étudiants en chiropratique. Certaines modifications devraient être apportées au mannequin pour permettre de mieux discerner les différences entre les étudiants ayant de l'expérience pratique au niveau des manipulations vertébrales et les experts. Son utilisation permettrait donc aux étudiants d'obtenir une évaluation objective lorsqu'ils effectuent une manipulation vertébrale lombaire dans un cadre d'apprentissage, tout en minimisant les risques de blessures occasionnés par la pratique entre pairs.

REMERCIEMENTS

L'élaboration de ce projet a été stimulée par mon intérêt à poursuivre une carrière d'académique au sein de la profession chiropratique. Étant intéressée par l'analyse mécanique du corps humain, la biomécanique s'avérait la discipline de choix pour mener à bien ce cheminement. C'est en incorporant les connaissances apprises tout au long de ma formation universitaire à l'intérieur de ce mémoire que j'espère faire avancer la cause chiropratique. Ce projet se veut donc ma contribution personnelle pour l'avancement de la science chiropratique.

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont permis d'arriver à bon port. Merci à mes directeurs de mémoire, les docteurs Martin Normand et Martin Descarreaux, d'avoir guidé ma démarche scientifique tout au long de ce parcours sinueux. Merci à Monsieur Pierre Black et Monsieur Claude Brouillette, sans qui l'aspect technique de ce projet n'aurait pu voir le jour. Merci à tous ceux qui m'ont également soutenu au cours de ces longues heures de travail.

Je terminerais en remerciant tout spécialement mes parents. Pour leur support tout au long de mes entreprises ainsi que pour avoir toujours cru en moi.

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|--|------|
| RÉSUMÉ | i |
| REMERCIEMENTS | iii |
| TABLE DES MATIERES | iv |
| LISTE DES TABLEAUX..... | vi |
| LISTE DES FIGURES..... | vii |
| CHAPITRES | |
| I. INTRODUCTION | 1 |
| Hypothèse..... | 22 |
| II MÉTHODOLOGIE..... | 24 |
| Participants | 24 |
| Instrumentation..... | 26 |
| Tâche expérimentale..... | 30 |
| Variables dépendantes | 32 |
| Analyse statistique..... | 34 |
| III RÉSULTATS..... | 35 |
| Force maximale | 36 |
| Déviation normale de la Force maximale..... | 37 |
| Pré-tension..... | 38 |
| Délai d'atteinte du pic | 39 |
| Coordination entre les mains et le tronc | 40 |
| Taux de production de force..... | 41 |

| | |
|---|----|
| IV DISCUSSION | 43 |
| Résultats | 43 |
| La corrélation croisée | 47 |
| Limites expérimentales..... | 49 |
| Recommandations | 50 |
| V CONCLUSION..... | 53 |
| RÉFÉRENCES | 55 |
| ANNEXES | |
| A. Texte présenté aux sujets de l'expérimentation contenant les consignes à suivre lors du projet..... | 60 |
| B. Description des différents cours incorporant l'enseignement des techniques de manipulations vertébrales | 62 |
| C. Grilles d'évaluation utilisées par les différents collègues chiropratiques..... | 65 |

LISTE DES TABLEAUX

| Tableaux | Page |
|--|------|
| 1. Moyenne de l'expérience des participants et de leurs données anthropométriques..... | 26 |
| 2. Tableau résumant l'ensemble des variables obtenues lors de l'expérimentation | 42 |

LISTE DES FIGURES

| Figures | Page |
|--|------|
| 1. Schéma de l'amplitude de mouvement..... | 2 |
| 2. Courbe de force avec pré-tension. | 5 |
| 3. Manipulation vertébrale de type roulé-lombaire | 8 |
| 4. Continuum des tâches motrices et des types de manipulations | 12 |
| 5. Courbe théorique des phases de l'apprentissage d'une tâche motrice..... | 15 |
| 6. Mannequin pour la manipulation lombaire..... | 26 |
| 7. Schéma prototype du fonctionnement du mannequin et positionnement de la cellule de force. | 27 |
| 8. Plate-forme de force AMTI | 29 |
| 9. Accéléromètre Crossbow..... | 29 |
| 10. Positionnement du sujet sur le mannequin. | 31 |
| 11. Exemple d'un tracé enregistré en annotation des phases visualisées | 32 |
| 12. Force maximale moyenne des groupes..... | 36 |
| 13. Déviation normale de la force maximale entre les groupes..... | 37 |
| 14. Valeur moyenne de pré-tension entre les groupes. | 38 |
| 15. Moyenne du délai d'atteinte du pic entre les groupes. | 39 |
| 16. Moyenne de la coordination main-tronc entre les groupes..... | 40 |
| 17. Moyenne de taux de production de force entre les groupes | 41 |
| 18. Courbe de force sans pré-tension..... | 45 |

CHAPITRE 1

Introduction

La chiropratique que nous connaissons aujourd'hui a été créée en 1895 par DD Palmer : il fut l'une des premiers à décrire un système ayant comme prémisses directrices les thérapies manuelles. Cependant, la manipulation vertébrale a été utilisée pour traiter différents problèmes de santé depuis l'Antiquité. En effet, les Égyptiens, les Chinois, les Japonais et les Tibétains utilisaient cette modalité thérapeutique depuis plus de 4000 ans, comme le témoignent certaines peintures. Dans la Grèce antique, Hippocrate, père de la médecine, utilisait des techniques manuelles pour traiter les problèmes d'alignement de la colonne (Peterson et Bergmann, 2002). Que ce soit en chiropratique (Nelson, Metz et al., 2005) ou en physiothérapie (Childs, Flynn et al., 2006), l'effet bénéfique de la manipulation vertébrale est reconnu, mais la compréhension de son principe d'action sur la restriction articulaire, est encore faiblement répertoriée dans la littérature scientifique.

Mouvement articulaire au niveau vertébral

Lors de l'évaluation d'une articulation vertébrale dite saine, c'est-à-dire sans restriction articulaire, le déplacement articulaire se produit dans l'amplitude active du mouvement, tel qu'illustré à la Figure 1.

La manipulation vertébrale a pour objectif d'atteindre l'espace paraphysiologique (EP) d'une articulation, espace se situant tout juste avant la limite anatomique de l'articulation, où des dommages aux tissus environnants, tel que les ligaments ou la capsule articulaire, pourraient être produits si on la dépasse. La barrière élastique (BE), situé tout juste avant l'espace paraphysiologique, représente le jeu articulaire de

l'articulation. La pré-tension a pour but de limiter l'élasticité de cette dernière pour ainsi mieux transmettre le vecteur de force de la manipulation vertébrale à l'articulation.

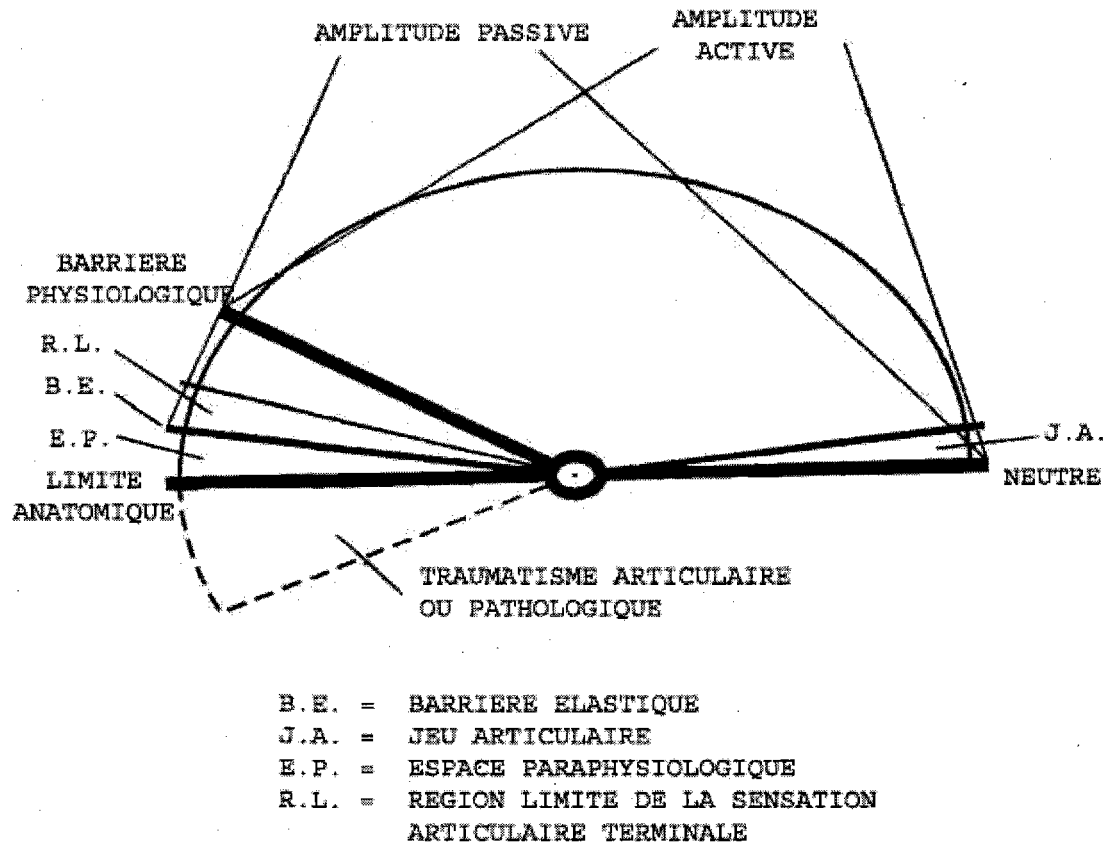


Figure 1. Schéma de l'amplitude de mouvement tiré de Bergmann (Chiropractic technique : principes and procedures, 2002)

Que ce soit pour réaliser des mouvements simples comme de regarder par-dessus son épaule ou complexes dans le cas d'un saut de main en gymnastique, le rachis doit avoir une mobilité permettant divers mouvements. Chacune des régions du rachis, à savoir les régions cervicale, dorsale et lombaire ont cependant des caractéristiques différentes permettant des mouvements d'amplitudes distinctes. Une différence marquée entre les individus au niveau de l'amplitude de mouvement est notable. On constate

même souvent des variations importantes entre l'amplitude de la rotation vers la droite et celle vers la gauche chez une même personne (Herzog, 2000). Dans sa pratique quotidienne, le chiropraticien est appelé à évaluer les amplitudes articulaires de tout le rachis. Il porte généralement une attention particulière aux restrictions segmentaires de mouvement qui sont associées à certains signes et symptômes. Cette entité clinique est plus couramment nommée complexe de subluxation vertébrale et est au centre du modèle traditionnel des soins chiropratiques.

Subluxation vs modèle théorique de l'amplitude articulaire

L'Association Américaine de Chiropratique (ACA) a présenté en 1987 dans son synopsis sur la santé publique, l'un des modèles théoriques les plus acceptés au sujet de la subluxation vertébrale. Dans ce document, on établit la subluxation comme une dysfonction biomécanique bénigne du mouvement entre des vertèbres pouvant provoquer la compression d'une racine nerveuse qui à son tour, peut causer une interférence sur les fonctions normales reliées à cette racine (Peterson et Bergmann, 2002). Cette irritation mécanique sur le segment vertébral, qui survient normalement à la suite d'un phénomène d'accumulation ou de traumatisme (Triano, Bougie et al., 2004), provoque l'apparition de douleur ou de certaines dysfonctions musculosquelettiques (Peterson et Bergmann, 2002). Les vertèbres se trouvant à proximité de la restriction peuvent alors subir une concentration du stress mécanique provenant des tensions musculaires, ce qui réduit la mobilité fonctionnelle de la région (Triano, 2001). Cette hypomobilité, provoquée par la restriction articulaire, peut retarder le processus de guérison, voire favoriser la dégénérescence articulaire ou l'atrophie des tissus mous environnants, tels que les muscles ou les cartilages (Peterson et Bergmann, 2002). L'apparition de symptômes

physiologiques est provoquée par l'irritation mécanique des tissus environnants et par le relâchement de médiateurs neurochimiques de l'inflammation, tels que la substance P et les aminoneuropeptides (Triano, 2001). Comme le mentionne Triano (2001), il est surprenant que malgré l'historique de la subluxation, nous n'ayons pas plus d'information sur ses propriétés pathomécaniques : les signes pathognomoniques de la subluxation demeurent évasifs, puisque seulement un essai thérapeutique permet d'en confirmer la présence (Triano, 2001). Malgré le manque de précision sur la caractérisation de cette entité clinique, la manipulation vertébrale, qui vise à corriger cette altération biomécanique, demeure l'outil principal du chiropraticien. En effet, une récente étude de Coulter montre que plus de 92 % des chiropraticiens utilisent la manipulation vertébrale de type diversifié dans leur pratique quotidienne (Coulter et Shekelle, 2005).

Manipulation articulaire et mouvement segmentaire

La technique utilisée en chiropratique pour éviter de provoquer un stress important sur l'articulation, tout en l'amenant dans l'espace paraphysiologique, est une manipulation contrôlée de type haute vitesse faible amplitude. Cette manœuvre se caractérise par une impulsion rapide, principalement à l'aide de la main, appliquée sur un segment précis avec une faible amplitude.

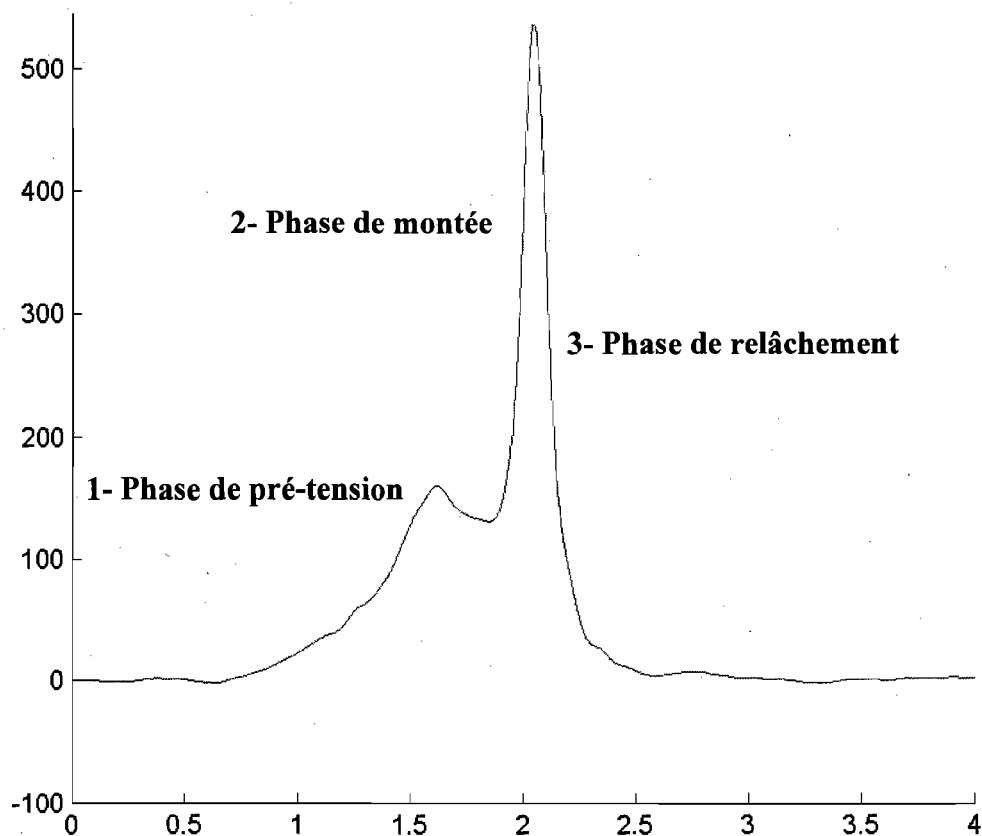


Figure 2. Progression temporelle typique d'une courbe de force avec pré-tension lors d'une manipulation vertébrale.

Tel qu'observé sur la Figure 2, il est possible de décomposer la manipulation vertébrale de façon à décrire trois phases distinctes. La pré-tension permet d'atteindre la fin de l'amplitude articulaire physiologique tout en restreignant le mouvement des segments adjacents. Il s'agit de la zone RL où l'on observe la sensation terminale sur la Figure 1. Elle peut durer de 0,5 à 5 secondes, selon la préférence du chiropraticien. La pré-tension vise à limiter l'absorption des tissus environnants de la force appliquée lors de la poussée, ce qui permet de concentrer la force sur le segment articulaire visé (Herzog, 2000). Vient ensuite la phase de développement de la force. D'une durée variant entre 100 et 200 ms, elle représente l'application de la force sur l'unité articulaire où la

main de contact se trouve. Cette phase dure jusqu'à ce que l'on note un relâchement de la tension, moment où le chiropraticien sent la résistance céder et que le segment vertébral a exécuté quelques degrés de mouvement de plus (Dupuis et Leclaire, 1986). On se trouve alors dans l'espace paraphysiologique (EP) de l'articulation tel qu'observé dans la Figure 1. La vitesse est très importante lors de cette phase : elle influence directement la force nécessaire pour produire la stimulation articulaire et ainsi provoquer le mouvement de la vertèbre. C'est durant cette phase que l'on note parfois l'apparition de bruit de craquement, connu sous le terme de cavitation. L'articulation entre alors dans l'espace paraphysiologique. La troisième et dernière phase est celle de relâchement, où le chiropraticien n'applique plus de force sur le segment, les tensions musculaires et ligamentaires ramènent alors graduellement l'articulation dans sa position initiale. Ce retour à la position initiale est causé par la configuration des facettes articulaires et par les éléments passifs du rachis. Après la manipulation, on note une augmentation de l'amplitude de mouvement de l'articulation. Ce phénomène est dû à une réduction de la tension du fluide synoviale entre les deux surfaces articulaires (Peterson et Bergmann, 2002).

Effet mécanique de la manipulation

L'objectif biomécanique de la manipulation vertébrale est de transmettre une force externe sur l'articulation hypomobile pour ainsi lui permettre de retrouver sa mobilité. Lors de l'atteinte de la force nécessaire pour stimuler le mouvement de l'articulation dans l'espace paraphysiologique, le chiropraticien relâche la tension qu'il appliquait sur la vertèbre. En analysant la courbe de progression de la force dans le temps, comme dans la Figure 2, on note que ce point d'inflexion arrive au niveau du pic

de force maximale. Qu'observe-t-on objectivement au niveau vertébral, selon un point de vue biomécanique, lors de l'application de cette force externe? Une étude effectuée sur des cadavres démontre, qu'en appliquant une force similaire à celle générée lors de manipulations vertébrales, on observe un déplacement antéropostérieur ou latéral variant de 6 à 12mm. Ce déplacement est cependant momentané : le mouvement relatif observé retourne, après 10 minutes, à une valeur nulle entre chacun des essais (Herzog, 2000). Il n'y a donc aucun dommage subit par les éléments structuraux entourant l'articulation ciblée.

Variabilité des techniques d'ajustement selon la région

Les techniques d'ajustement vertébral varient selon la région ciblée étant donné les différences anatomiques et fonctionnelles entre les différentes régions du rachis. Puisque la région cervicale est relativement plus fragile que la région dorsale ou lombaire, les manipulations vertébrales effectuées à ce niveau s'effectuent seulement à l'aide de la main de contact. La tâche motrice se trouve donc être plus simple et plus contrôlée. De cette façon, on prévient les lésions aux structures fonctionnelles de la courbe cervicale.

Au niveau de la région dorsale, les manipulations vertébrales incorporent la notion du *drop* corporel. Cette technique demande une plus grande coordination entre le développement de la tension au niveau des mains et l'application de la poussée à l'aide du poids du corps de l'intervenant. Elle est d'autant plus nécessaire pour appliquer une force plus importante dans la région, comparativement à la région cervicale. Ce phénomène s'explique par la stabilité et la rigidité attribuée par la cage thoracique, ainsi que par la nature morphologique des vertèbres la composant. La position des mains est

plus stable, comme dans le cas d'un ajustement en décubitus ventral où les mains n'agissent qu'en tant que contact pour transmettre la force. Les mains ne doivent pas se déplacer ou initier d'impulsion : elles ne sont présentes que pour transmettre la force.

C'est dans la région lombaire que la complexité de la manipulation est la plus grande. Encore ici, plusieurs techniques différentes peuvent être utilisées, mais dans le cadre de notre étude, nous étudierons la manipulation vertébrale en décubitus latéral. Ce type de manipulation requiert que le patient soit placé en décubitus latéral avec la jambe la plus éloignée de la table en flexion, tant au niveau du genou qu'au niveau de la hanche. L'intervenant utilise la main céphalade pour stabiliser le tronc du patient tandis que la main caudale est positionnée sur le segment qui doit être manipulé, tel qu'illustré sur la Figure 3.

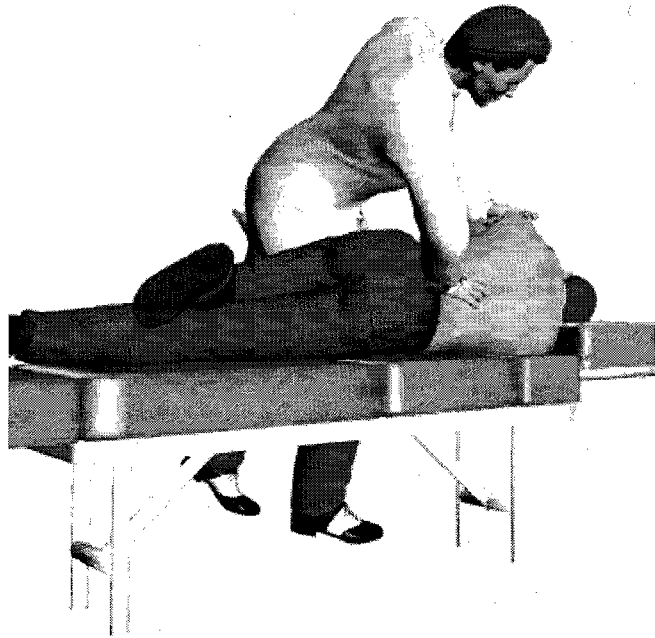


Figure 3. Manipulation vertébrale de type roulé-lombaire

Par la suite, le chiropraticien doit agir de façon synchrone : il doit coordonner l'impulsion du membre supérieur sur le contact avec le *drop* corporel. L'application du *drop* au moment critique est essentielle pour faciliter ce type de manipulation : elle réduit la force nécessaire du membre supérieur actif, réduisant ainsi les risques de blessures du praticien. Cette tâche requiert donc une plus grande coordination qu'au niveau thoracique.

Différence de la force nécessaire dans les différentes régions du rachis

La force maximale lors de la manipulation, observée expérimentalement par Herzog (2000), est dépendante de la région ciblée, du positionnement du patient et du chiropraticien ainsi que de la technique utilisée. Cette force, qui représente la force moyenne nécessaire à la réussite de la manipulation vertébrale, est de 107 N au niveau de la colonne cervicale; au niveau dorsal, elle est de 399 N; et au niveau de la région sacro-iliaque, elle est de 328 N (Herzog, 2000). Étant donné que la force développée est plus grande dans les régions thoracique et lombaire, on utilise le *drop* corporel pour réaliser cette force et on note une légère augmentation de la durée d'application de la force (Herzog, 2000). Ce mouvement, effectué de façon contrôlée, se produit principalement dans la portion inférieure du corps chez le praticien. Il permet d'ajouter un avantage biomécanique, en additionnant le vecteur de force de la main de contact à celle du tronc, étant donné la même direction de ces deux vecteurs. La partie supérieure du corps est utilisée pour stabiliser et contrôler la direction du vecteur de force.

Apprentissage moteur et tâche motrice

Tâche motrice. Il est essentiel de pouvoir classer la manipulation vertébrale au sein des tâches motrices pour en faciliter la comparaison avec d'autres tâches motrices et

faciliter notre compréhension de celle-ci. La taxonomie de Gentile (Carr et Shepherd, 2000) est donc être utilisée dans ce cas, facilitant ainsi la compréhension des éléments clefs de la réalisation de la manipulation, éléments sur lesquels on peut se concentrer pour améliorer l'apprentissage. Les habiletés motrices peuvent avoir trois caractères distincts : discrets, continus ou en séries. La tâche discrète se caractérise par un début et une fin distincte : elle n'est pas régie de façon arbitraire par le temps et elle comporte des phases pouvant être facilement séparées et n'ayant pas une nature cyclique. Un lancer de balle ou une figure de plongeon sont des exemples de ce type d'habileté. Dans le cas de l'habileté continue, il n'y a pas de début ou fin discernable. Ces tâches motrices sont généralement plus longues que les tâches discrètes. La natation ou la course à pied sont de bons exemples. Les tâches en séries ne font partie d'aucune des deux catégories précédentes puisqu'elles incorporent des éléments des deux premières catégories. On considère la tâche en série comme un ensemble d'éléments distincts (tâches discrètes et continues). L'ordre dans lequel ces éléments sont réalisés est cependant d'une importance capitale. Un exemple concret peut être un concerto de piano ou une ligne de gymnastique exécutée au sol qui comporte plusieurs éléments distincts ayant un début et une fin. Toutefois, elle ne prend son image finale que lorsqu'elle est effectuée dans une séquence déterminée.

On peut également décrire une tâche motrice comme étant ouverte ou fermée. Une tâche motrice ouverte est constamment à la merci de l'environnement : l'état de réalisation de la tâche est toujours variable étant donné la nature instable du milieu dans lequel la personne réalise la tâche (Magill, 1998). Un gardien de but au hockey réalise des tâches motrices dites ouvertes : il est constamment dans un environnement variable

selon les situations de jeux. Une tâche fermée se produit dans un environnement prévisible. On dit de cet environnement qu'il est stable parce que l'on peut facilement prédire à quelques secondes près, la stimulation sensorielle de l'environnement. Les tâches du jongleur ou de l'archer font partie de cette catégorie : malgré la variation qui peut survenir dans l'environnement, on considère quand même que le pratiquant dispose d'une stabilité de quelques secondes lui permettant de réaliser la tâche motrice de façon stable. Ainsi, selon la taxonomie présentée précédemment, on peut classer la manipulation vertébrale comme une tâche discrète de nature fermée.

Les mouvements discrets sont régis par le contrôle de différents membres dans le temps et dans l'espace : il s'agit de la coordination. Celle-ci est plus simple lorsque le mouvement désiré ne requiert que l'utilisation d'un seul membre, par exemple lors d'une tâche où l'on pointe avec le doigt. On peut graduellement complexifier la tâche en incorporant l'utilisation d'un autre membre pour faire la tâche de façon similaire, comme lorsque l'on doit pointer une image à l'aide des deux bras. Viennent ensuite les tâches plus complexes qui requièrent l'utilisation de deux ou plusieurs membres effectuant des mouvements différents (Magill, 1998). C'est justement le cas lors de la manipulation vertébrale lombaire : le chiropraticien doit exécuter un mouvement avec une main pendant que l'autre main stabilise une portion du corps du patient et que les jambes et le tronc effectuent un *drop* corporel. On parle alors de coordination bimanuelle.

La coordination d'un geste simple, comme le pointage d'une cible à l'aide d'une main, suit le principe de Fitts : la précision de la tâche se fait au détriment de la vitesse d'exécution du mouvement (Fitts, 1954). Lorsque l'on répète cette même tâche, mais en la complexifiant par l'addition de l'autre bras comme dans l'expérimentation d'Henry et

Rogers en 1960, on note une augmentation de la vitesse d'exécution du mouvement (Henry et Rogers, 1960). En poussant encore plus loin la complexité de la tâche en introduisant un niveau de difficulté différent entre les deux membres, comme dans l'étude de Kelso et col., on note une différence marquée selon le niveau de difficulté introduit : le temps de réalisation du mouvement augmente selon a) la complexité du mouvement b) le niveau de variabilité entre les cibles (Kelso, Southard et al., 1979). En chiropratique, l'expérimentation d'Herzog et col. permet de faire ressortir également ce principe : la vitesse d'exécution d'une manipulation dorsale en comparaison avec une manipulation cervicale est presque le double (150ms vs 81 ms) (Herzog, 2000). Ce phénomène est principalement dû au fait que les mains dans cette situation doivent agir de façon simultanée au niveau dorsale, comparativement au niveau cervical où le chiropraticien n'utilise qu'une seule main pour effectuer la poussée. L'autre main ne sert que de main stabilisatrice : elle ne participe donc pas à la poussée (Peterson et Bergmann, 2002). On peut comparer la complexité des manipulations selon le continuum présenté à la Figure 4.

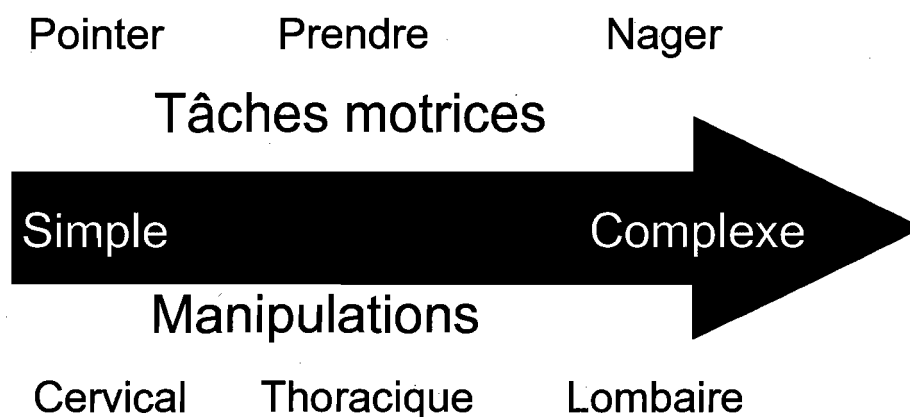


Figure 4. Continuum des tâches motrices en comparaison aux manipulations

chiropratiques. Dans ces exemples de tâches motrices, on note l'augmentation du niveau

de difficulté lorsque l'on progresse sur le continuum vers la droite : on débute avec une tâche à une main, par la suite à deux mains et pour terminer avec une activité requérant l'usage de plusieurs membres. La même progression peut-être observée avec les manipulations : l'on débute avec une manipulation ne se servant que d'une main d'impulsion, l'on progresse avec l'usage de deux mains de façon synergique, pour ensuite terminer avec l'utilisation des mains dans des actions dissemblables.

Dans le cas de la manipulation vertébrale lombaire, l'analyse de la tâche se complexifie parce que l'on doit ajouter la coordination entre les membres supérieurs et les membres inférieurs. Une étude a démontré que la coordination ipsilatérale entre le membre supérieur et le membre inférieur relevait non pas d'une action synergique au niveau musculaire, mais plutôt de l'orientation spatiale du mouvement (Baldissera, Cavallari et al., 1991). En demandant aux sujets de faire des mouvements du poignet en combinaison avec la cheville, les mouvements étaient mieux coordonnés lors de mouvement dans la même direction, et ce, même en alternant la pronation et la supination au niveau de l'avant-bras : il ne s'agit donc pas d'un couplage entre les fléchisseurs et les extenseurs des membres supérieurs et inférieurs ipsilatéraux. Lorsque l'on pousse plus loin l'étude sur la coordination en incorporant la notion de controlatéralité entre les membres supérieurs et inférieurs, comme dans l'étude de Kelso et Jeka, on remarque que la précision de la coordination au niveau des mouvements est plus grande entre les membres controlatéraux qu'ipsilatéraux (Kelso et Jeka, 1992). Ainsi, lors de mouvements dans une direction opposée, la paire ipsilatérale est beaucoup moins précise que la paire controlatérale.

Apprentissage moteur. L'apprentissage d'une tâche motrice, selon Rigal, est : « une modification volontaire et provoquée, acquise et relativement stable, d'un comportement moteur, consécutive à un entraînement spécifique et systématique » (Rigal, 1996). Elle est associée à la pratique et à l'expérience et a un caractère relativement permanent (Schmidt et Lee, 2005). L'apprentissage moteur est régi par plusieurs lignes directrices, servant à mieux définir notre compréhension de celle-ci : soit : a) l'amélioration, b) la constance, c) la persistance et d) l'adaptabilité (Magill, 1998). Elle doit donc : a) démontrer une amélioration de la performance sur une période de temps, b) témoigner d'une diminution de la variation entre les essais, c) être résistante à l'effet du temps, et d) permettre une certaine adaptabilité de la performance selon une variété de contexte différent. A priori, on doit reconnaître qu'une tâche motrice est un ensemble d'événements qui, lorsque réunis, provoquent l'apparition d'un produit, d'un état ou d'un changement interne, ce qui rend la quantification de l'apprentissage plus difficile

L'apprentissage, résultant en l'amélioration de la représentation interne d'un mouvement, peut se produire lors de l'entraînement ou lors de l'observation de l'exécution de la tâche par une personne d'expérience (Magill, 1998). Dans le cas de l'observation, on constate que l'information visuelle peut être facilement transmise au sujet : elle devient l'image à répéter lors de la pratique (Schmidt et Wrisberg, 2004). Dans le cadre de l'entraînement, le sujet peut s'améliorer de façon autonome : il implique donc son jugement et sa capacité de détection de l'erreur dans le processus de correction (Zelaznik, 1996). Tout apprentissage de tâche motrice suit un patron de progression similaire : elle débute par une progression assez rapide de la performance, ralentissant

graduellement jusqu'à ce qu'elle atteigne un plateau. Pour continuer à améliorer son habileté à réaliser la tâche, il peut être nécessaire d'exécuter des millions de répétitions avant de parfaire la tâche : il s'agit du stade d'expertise (Rigal, 1996). Cette expertise, telle que définie par Milton, peut être définie par la précision et l'uniformité selon laquelle la tâche est exécutée (Milton, Small et al., 2004). On peut donc s'attendre à ce qu'une tâche motrice, dans le cadre d'un expert, démontre une stabilité lors de la réalisation successive de l'habileté.

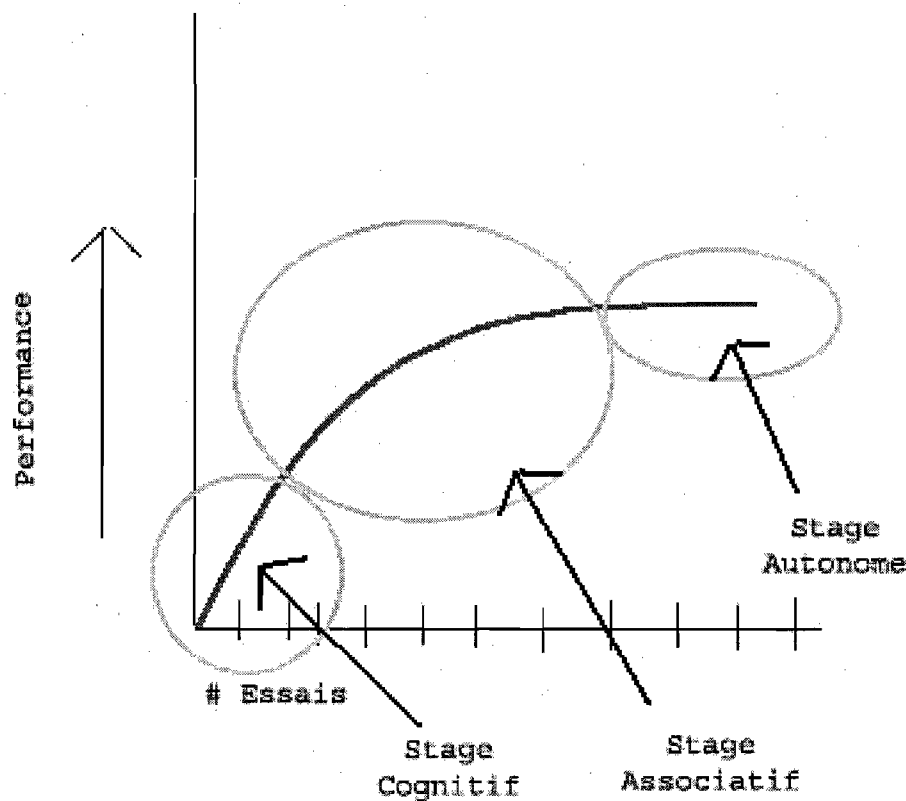


Figure 5. Courbe théorique des phases de l'apprentissage d'une tâche motrice.

Selon Fitts et Posner, trois stades peuvent être définis lors du continuum d'apprentissage, niveau que l'élève doit graduellement maîtriser avant de développer un automatisme au sein d'une tâche motrice (Fitts et Posner, 1967). Le premier stade est dit cognitif : l'étudiant apprend les différentes étapes servant à réaliser la procédure. Le

second est le stade associatif, où l'initié tente d'incorporer les éléments lui permettant de réaliser la tâche. Finalement, le stade d'autonomie, niveau où les actions deviennent un automatisme et où le sujet n'a plus besoin d'être conscient de la tâche lorsqu'il l'accomplit (Fitts et Posner, 1967; Rigal, 1996). La programmation motrice de l'aptitude motrice devient telle, que l'expert l'utilise pour contrôler la tâche sur une plus longue séquence, ce qui à son tour réduit l'attention nécessaire à la réalisation (Schmidt et Wrisberg, 2004). Cette transition progressive du stade de novice à celui de compétent résulte en plusieurs changements tant au niveau neurologique que comportemental. L'expert tend à moins utiliser le cortex et l'aire limbique, responsable de l'encodage des tâches visuomotrices, de la mémoire topographique et de l'attention cartésienne dynamique : il automatise donc graduellement le mouvement qui ne demande plus aucun effort conscient (Milton, Small et al., 2004). À ce niveau, l'expert peut souvent exécuter une autre tâche en même temps. La variation entre les essais est également minimale (Magill, 1998). Cet effet se démontre facilement lorsque l'on demande à l'expert de se concentrer et de contrôler consciemment le déroulement d'une habileté : l'activation de la région limbique chez ces sujets résulte en une diminution de la performance (Gray, 2004). L'expert utilise donc en grande majorité son savoir procédural, « le savoir comment faire », plutôt que le savoir déclaratif, « le savoir quoi faire », que le novice utilise couramment au début de son apprentissage (Gray, 2004). La surcharge de stimuli chez le novice peut donc interférer avec l'apprentissage de la tâche. Elle fait donc partie de l'une des raisons pour laquelle le débutant nécessite plus de temps qu'un expert pour exécuter la même tâche : le novice prend plus de temps à percevoir, à analyser, à réfléchir et à se décider lors de son exécution (Triano, Bougie et al., 2004). L'entraînement, qui

s'étale sur une longue période de temps, permet de créer une programmation de la tâche, ce qui réduit la nécessité d'utiliser ses facultés cognitives lors de l'exécution de la manœuvre étant donné que l'on diminue l'attention portée au mouvement (Triano, Rogers et al., 2002).

Enseignement de la manipulation

L'apprentissage de la manipulation vertébrale, qui est une tâche psychomotrice complexe de par la classification présentée précédemment, peut être effectué de diverses façons. Que ce soit à la suite de plusieurs cours magistraux ou pratiques au sein de collèges chiropratiques, ou lors de formation continue, son enseignement suit le modèle que l'on retrouve au sein de la communauté médicale. Dans ces situations d'apprentissage, un praticien ayant de l'expérience, l'expert, transmet son savoir par le moyen de démonstrations aux novices. Par la suite, lors de l'exécution des procédures enseignées, l'enseignant peut voir les erreurs commises par l'étudiant tout en lui donnant des conseils pour mieux maîtriser la technique. La durée, le contenu pédagogique ainsi que le développement de certaines habiletés préalables à la réalisation de la manipulation vertébrale influencent grandement le niveau d'habileté développé par l'élève au tout début de son apprentissage (Triano, Bougie et al., 2004).

L'enseignement traditionnel de procédures cliniques à l'aide de répétitions exhaustives sous supervision variable a récemment été démontré comme étant une procédure inefficace qui peut entraîner des blessures chez les patients, tant réels que simulés, puisque les intervenants ne possèdent pas une formation adéquate pour le faire lors de la réalisation de la tâche (Triano, Bougie et al., 2004). Dans ce cadre d'enseignement, les étudiants se trouvent à pratiquer en groupe les habiletés enseignées.

Les instructeurs se promènent entre les pairs patient-docteur : l'attention portée aux étudiants est donc divisée. Les risques de blessures surviennent lors de la pratique de l'habileté motrice sur les sujets : le docteur simulé, n'ayant pas beaucoup d'expérience pratique, peut effectuer un geste inapproprié sur son patient. Ce problème se constate dans l'apprentissage de toute tâche motrice : un novice effectue souvent des mouvements n'ayant aucune similarité avec la tâche modèle.

Retour sur la performance et apprentissage

Au sein des tâches psychomotrices complexes, le retour sur la performance, également connu sous le nom de rétroaction, est essentiel lors de l'entraînement : il permet d'accroître la performance tout en réduisant l'erreur durant l'apprentissage (Magill, 1998). Ce type d'intervention, selon Newell, permet au sujet de se créer une banque d'information ciblant ce qui n'était pas bon lors de l'exécution d'une tâche motrice (Newell, 1991). Ainsi, le cerveau aurait accès à un outil de référence lui permettant de juger les améliorations nécessaires à apporter au mouvement pour en améliorer la performance. Qu'elle soit interne, c'est-à-dire comment le sujet se perçoit lors de la réalisation d'une tâche motrice, ou externe, comme dans le cas où l'information provient d'une source autre que le sujet, la rétroaction doit cependant être utilisée de façon à promouvoir l'apprentissage et la rétention et non pas en nuisant à celle-ci. La rétroaction peut également être considérée comme qualitative ou quantitative, le choix de celle-ci dépend de la phase d'apprentissage où le sujet est rendu. Une forme plus générale de rétroaction est préférable chez les novices : la précision de l'élément quantitatif étant préférable dans les stades plus avancés d'apprentissage de la tâche motrice (Magill, 1998).

L'un des problèmes rencontrés lors de l'enseignement des habiletés de palpation, entité à la base de l'apprentissage de la manipulation vertébrale, est que l'instructeur utilise seulement ses propres expériences pour donner de la rétroaction à l'étudiant (Pringle, 2004). Cette approche qualitative peut être utile au début de l'apprentissage, mais elle tend à ralentir les progrès de l'élève dans la réalisation de la tâche à mesure qu'il acquiert un niveau de compétence supérieur. Magill et Wood ont étudié cet aspect et en sont venus à la conclusion qu'il y avait un lien direct entre la précision de la rétroaction et la performance lors de l'exécution de la tâche motrice (Magill et Wood, 1986). Le problème lors de l'enseignement de la manipulation vertébrale est le manque de critères quantitatifs pour définir le succès de l'habileté motrice (Triano, Rogers et al., 2002). La rétroaction visuelle étant la méthode la plus efficace pour apprendre une tâche motrice bimanuelle (Hodges, Chua et al., 2003; (Triano, Scaringe et al., 2006), il semble important d'obtenir des indicateurs biomécaniques quantifiables pour la manipulation vertébrale lombaire que l'on peut visualiser facilement. De quelle façon quantifie-t-on présentement le succès d'une manipulation vertébrale en chiropratique?

Cavitation et rétroaction

La cavitation, plus communément appelée « craquement » par les non-initiés, serait le phénomène témoignant de l'atteinte de l'espace paraphysiologique de la manipulation. Elle est présentement reconnue comme un indicateur du succès de la manipulation. Doit-on se fier à la cavitation comme critère de performance? La cavitation produite par la manipulation devrait théoriquement se situer au niveau du segment ciblé par la manipulation, mais tel n'est pas le cas. Cependant, la précision n'est que de l'ordre d'environ 50 % lors d'une manipulation lombaire (Ross, Bereznick et al., 2004). Il se

produit la même chose au niveau sacro-iliaque et de plus, il n'existe aucune relation entre la cavitation perçue et l'amélioration de l'amplitude de mouvement (Flynn, Fritz et al., 2003). La principale erreur commise au sein de la profession est que le clinicien essaie de qualifier le succès de son intervention sur le bruit de craquement, puisqu'on ne peut faire le lien entre le résultat de l'intervention et l'apparition de ce bruit (Flynn, Childs et al., 2006).

Malgré que les chercheurs aient démontré l'importance de la force générée, de la vitesse de l'impulsion ainsi que de la direction de son vecteur (Colloca, Keller et al., 2006; (Pickar et Kang, 2006), les recherches sur les critères définissant une bonne exécution d'une manipulation vertébrale en sont encore à leurs premiers balbutiements. Ces critères faciliteraient la distinction entre un ajustement bien exécuté et un essai pouvant causer des problèmes, voire même l'aggravation de la condition chez le patient.

Plusieurs chercheurs, en tentant de montrer l'effet de l'expertise sur la manipulation vertébrale, ont réussi à isoler certains critères quantifiables (Cohen, Triano et al., 1995; (Young, Hayek et al., 1998; (Rogers et Triano, 2003; (Descarreaux, Dugas et al., 2005) L'une de ces recherches a permis d'identifier des paramètres biomécaniques qui permettent de facilement objectiver la réalisation d'un ajustement thoracique (Descarreaux, Dugas et al., 2006). Les valeurs obtenues par ces chercheurs seront utilisées lors de la réalisation de ce projet de recherche, pour quantifier les paramètres d'un ajustement chiropratique au niveau lombaire.

L'entraînement et la compétence

L'entraînement est l'une des composantes les plus importantes pour parfaire une compétence, tant au niveau sportif qu'au niveau des compétences cliniques (Triano,

Rogers et al., 2002) : la compétence technique du chiropraticien vient d'un entraînement rigoureux et d'une pratique régulière de la tâche (Herzog, 2000). Le nombre de procédures ayant été effectuées devient alors, d'une façon plus ou moins précise, le degré d'expertise du praticien.

Risques associés à l'entraînement

La répétition étant la clé de voûte de l'apprentissage moteur, l'entraînement peut amener à l'apparition de plusieurs problèmes reliés au stress répétitif subit par les protagonistes lors de la pratique d'activités sportives. Dans le cadre de l'enseignement des manipulations vertébrales, ces risques sont toutefois différents. Tout incident ou complication pouvant survenir lors d'ajustements répétés cible plus particulièrement le patient simulé et non pas le praticien. Puisque la répétition est nécessaire à l'apprentissage et au développement de la coordination lors de l'exécution d'une tâche motrice, l'apprentissage des manipulations peut entraîner des blessures aux sujets passifs (Young, Hayek et al., 1998). Il y a donc là une situation potentiellement dangereuse.

Une recherche rétrospective (Macanuel, Deconinck et al., 2005) a relevé tous les effets secondaires qu'ont subis quatre cohortes d'étudiants d'un collège chiropratique canadien. La douleur localisée et la tension musculaire furent les plus fréquentes, suivies par les maux de tête, les étourdissements, la fatigue, la tension dans une région autre que celle travaillée et les nausées. Chez moins de 2 % des répondants, on notait même des crampes, des pertes d'équilibre provoquant des chutes du patient après l'intervention, des vomissements, des pertes de conscience, de l'ataxie et même des paresthésies. La région la plus communément responsable des effets secondaires lors de la pratique était a) la région lombopelvienne (34 %), b) la région cervicale (28 %) et c) la région dorsale

(12 %). Malgré que la majorité des problèmes répertoriés duraient moins de 72 heures (67 %), trois étudiants (2 %) avaient mentionné que leur atteinte était désormais chronique. Plus de 59 % des effets secondaires sont survenus lors de la deuxième année d'études des participants, il est donc important de favoriser une transition plus graduelle pour les participants entre les différents éléments pratiques pour ainsi réduire les risques de blessures des étudiants (Macanuel, Deconinck et al., 2005).

Nous faisons alors face à un dilemme : la pratique mène à l'amélioration des aptitudes des étudiants. Elle est nécessaire, car elle permet d'assurer un certain niveau de compétence des praticiens. Mais la pratique sur des confrères et consœurs comporte des risques de blessures pouvant se révéler importants. Que doit-on favoriser? En trouvant un moyen alternatif d'entraînement pour les cohortes et en utilisant des critères fiables pour quantifier la manipulation vertébrale lombaire, il serait possible d'évaluer le niveau de compétence des étudiants et ainsi de s'assurer d'une exécution optimale et sécuritaire de l'apprentissage des manipulations vertébrales. En définissant un « niveau d'expertise » pour la réalisation d'une manipulation, il serait plus facile de comprendre les mécanismes d'actions sous-tendant l'ajustement chiropratique.

Hypothèse et objectifs

L'importance de connaître les éléments qui facilitent la description quantitative d'un ajustement chiropratique est donc un élément-clé pour permettre aux novices d'accroître plus rapidement leurs habiletés cliniques lors de séances d'entraînement régulier du positionnement préparatoire à l'ajustement et de son exécution. L'objectif de cette étude est, en premier lieu, d'évaluer les différents paramètres biomécaniques présents lors d'un ajustement chiropratique tout en objectivant la performance lors de la

réalisation d'un ajustement lombaire. Ensuite, cette étude permettra de réaliser s'il existe une différence entre les sujets novices et les sujets expérimentés lors de l'exécution d'une manipulation lombaire. L'hypothèse de cette étude est que les sujets expérimentés vont réaliser l'ajustement chiropratique du roulé lombaire de façon plus rapide, moins variable d'un essai à l'autre et mieux coordonné que les sujets novices.

CHAPITRE II

Méthodologie

Participants

Un total de 40 sujets a été retenu pour participer à l'étude. Puisque l'objectif de cette étude est de mesurer l'effet de l'expertise dans la performance de la manipulation vertébrale, nous avons recruté des étudiants appartenant à trois cohortes différentes du programme de doctorat en chiropratique de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Les étudiants de première année ont été ciblés à cause de leur inexpérience dans la pratique et l'exécution des manipulations vertébrales. En effet, aucune formation n'est effectuée sur le positionnement des patients ou sur les manœuvres de manipulation au cours de la première année du programme de doctorat en chiropratique. Les étudiants de troisième année ont également été sélectionnés. Ces étudiants possèdent déjà une connaissance théorique des manipulations vertébrales et du positionnement du patient, mais ils n'ont cependant aucune expérience autre que celle acquise lors des simulations qui se déroulent pendant leurs cours de techniques chiropratiques. De plus, ils n'ont pas à effectuer de manipulations vertébrales sur des patients. Ils ne font que simuler le geste sans compléter la manoeuvre. Les étudiants de cinquième année, quant à eux, ont été choisis parce qu'ils ont débuté, depuis la session hiver de leur quatrième année de formation, leurs internats à la Clinique Universitaire de Chiropratique de l'UQTR. Ils utilisent donc les manipulations vertébrales dans un but thérapeutique de façon régulière sur des patients provenant de la région de Trois-Rivières. Avant de participer au projet de recherche, ces étudiants ont donc eu plus de deux sessions académiques pendant lesquelles ils ont complété plus de 600 heures d'internat clinique. Au cours de ces 600

heures, les étudiants ont réalisé plus de 200 traitements chiropratiques dont la majorité incluait une manipulation de la région lombaire. Quant aux sujets experts, nous avons recruté de façon individuelle des chiropraticiens comptant plus de cinq années d'expérience et utilisant fréquemment la méthode d'ajustement dite diversifiée.

Le recrutement des sujets s'est effectué sur une base volontaire. Une brève séance d'information sur le projet et sur les critères de participation s'est déroulée pendant un cours, et ce pour chacune des cohortes. Une feuille détaillant le titre et les dates d'expérimentation a ensuite été présentée aux éventuels participants. Ces derniers pouvaient alors laisser leur nom et leur numéro de téléphone pour ensuite être contactés par les expérimentateurs. Pour les sujets experts, une rencontre individuelle était effectuée. S'ils étaient intéressés, on effectuait l'expérimentation la journée même, selon les disponibilités des chiropraticiens.

Les sujets ont été répartis en quatre groupes. Les trois premiers étaient composés des étudiants du programme de doctorat en chiropratique, répartis selon leur année académique : a) première année (groupe AI); b) troisième année (groupe AIII); et c) cinquième année (groupe AV); l'autre groupe d) était composé des sujets qualifiés d'experts (groupe B). Ce dernier groupe fournira les valeurs de référence pour quantifier objectivement les paramètres biomécaniques de la manipulation lombaire. Le Tableau 1 présente la moyenne de poids, de l'âge, de la taille et des années d'expérience des sujets de l'expérimentation.

Tableau 1

Moyenne de l'expérience des participants et de leurs données anthropométriques

| Catégorie | Homme/Femme | Poids (kg) | Taille (m) | Expérience (année) |
|-----------|-------------|------------|------------|--------------------|
| AI | 7/5 | 67,7 | 1,71 | 0 |
| AIII | 5/13 | 59,1 | 1,70 | 0 |
| AV | 4/4 | 63,4 | 1,68 | 1 |
| B | 9/1 | 86,1 | 1,70 | 14,4 |

Instrumentation

Les participants s'exécutent sur un mannequin, tel qu'observé à la Figure 6, servant à recréer un patient positionné pour une manipulation vertébrale lombaire en décubitus latéral. Les membres du mannequin sont mobiles : ils peuvent être déplacés pour faciliter le positionnement du mannequin et améliorer le confort du sujet lors de l'exécution de la manipulation vertébrale.

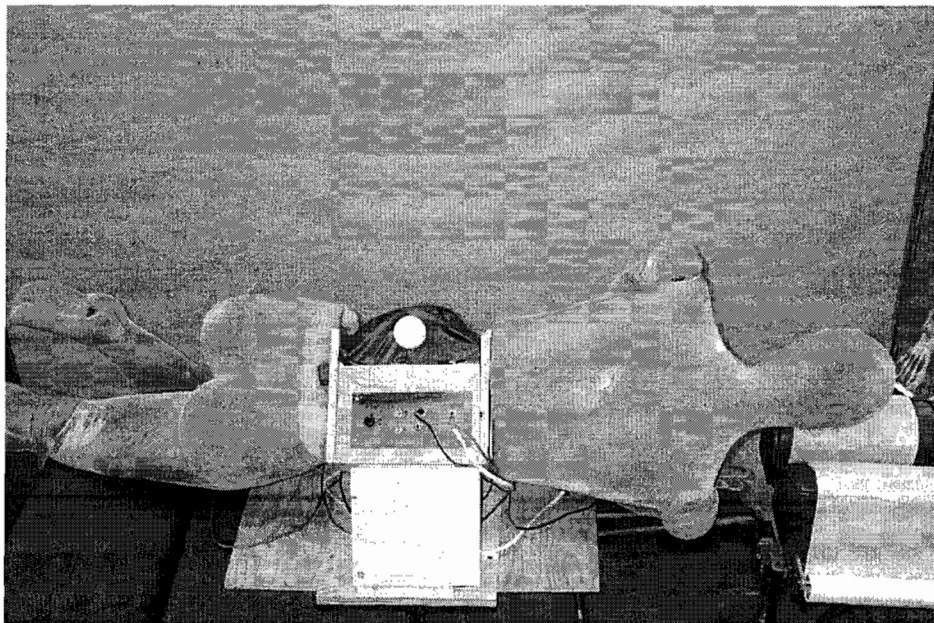


Figure 6. Mannequin pour la manipulation lombaire

À l'intérieur de celui-ci se trouve une cellule de force, servant à mesurer la force appliquée par la main de contact du sujet. Cette cellule est montée sur un piston, retenu par un ressort. Un électro-aimant, contrôlé par un sélecteur externe, sert de résistance au déplacement du piston. Son but est assez simple : simuler le jeu tissulaire qui doit être surpassé par le chiropraticien lors de la manipulation vertébrale. Cette résistance représente donc la pré-tension. Lorsqu'une force suffisante est imprimée sur la cellule, dans le cas de l'expérimentation 330 N, l'électro-aimant relâche et produisant un déclic. Ce son permet aux expérimentateurs de réaliser le succès de l'essai. N'ayant plus de résistance pour opposer son mouvement, le piston se déplace vers le bas, ce qui simule la sensation ressentie lors de la manipulation vertébrale. La Figure 7 représente la schématisation sommaire de la cellule de force à l'intérieur du mannequin.

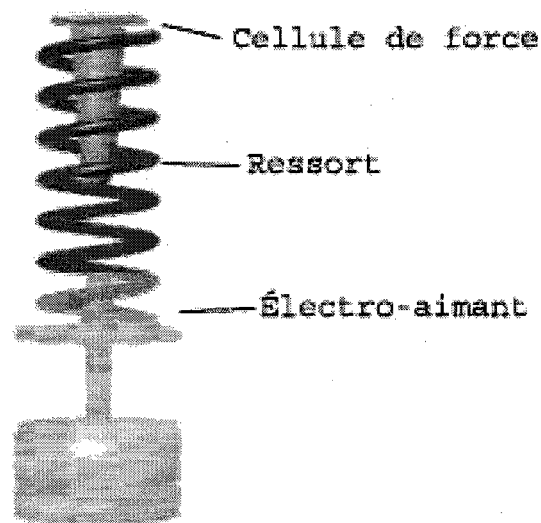


Figure 7. Schéma du fonctionnement du mannequin et positionnement de la cellule de force.

Le mannequin est fixé à son tour sur une table chiropratique à l'aide de sangles. De cette façon, on s'assure qu'il n'y ait pas de variation qui pourrait être due à un

déplacement du mannequin sur la table lors de l'exécution de la manipulation, et ainsi perdre une portion de la force générée par le participant. Le mannequin offre donc l'avantage de pouvoir réaliser la procédure expérimentale dans un cadre contrôlé, de façon répétée. De cette manière, on évite la pratique sur des patients simulés par d'autres étudiants et ainsi, on diminue le risque de causer des blessures. La flexibilité des membres du mannequin permet également d'adapter celui-ci pour que le sujet puisse se sentir à l'aise lors de la tâche expérimentale. Les matériaux qui recouvrent la cellule de force n'ont cependant pas les mêmes propriétés que la peau, les muscles et les os d'un sujet humain.

Pour évaluer les forces de réaction au sol (plans X, Y et Z) produites lors d'un ajustement vertébral lombaire, une plate-forme de force de type AMTI (AMTI, ORG-5, Watertown, Ma), telle qu'illustrée à la Figure 8, a été utilisée. Elle est également capable de mesurer les moments de force autour de ces axes, ce qui permet de collecter plus de 6 indicateurs différents. Selon la nature de l'expérimentation et étant donné que les manipulations vertébrales lombaires n'entraînent pas une variation importante au niveau de l'axe des X et des Z, nous n'utiliserons que la force réactionnelle selon l'axe des Y, c'est-à-dire l'axe vertical. La plate-forme a une capacité d'échantillonnage de 1000 Hz, mais nous utilisons une fréquence de 600 Hz pour l'étude étant donné que la tâche enregistrée ne requiert pas une fréquence aussi élevée, qui nécessiterait l'analyse d'un volume de donnée superflu.

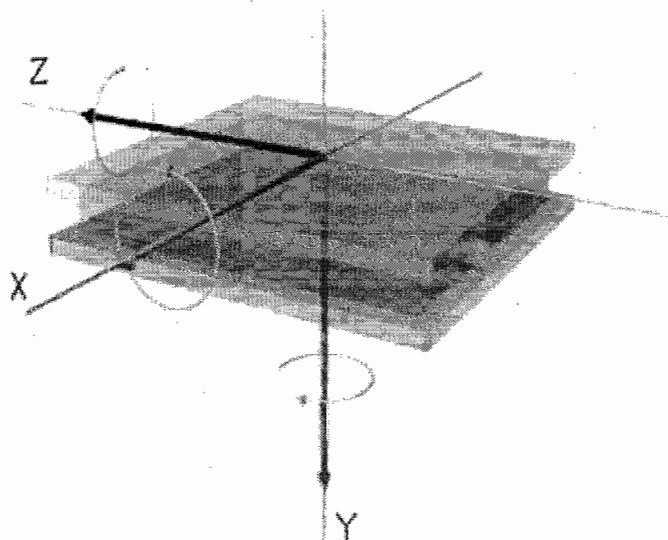


Figure 8. Plate-forme de force AMTI

Une deuxième façon de mesurer l'accélération du tronc lors de la manipulation vertébrale lombaire est d'utiliser un accéléromètre de grande sensibilité (Crossbow CXL-LF). La figure 9 illustre l'accéléromètre utilisé lors de l'expérimentation. Placé sur le manubrium, directement en dessous de la fourchette sternale à l'aide de rubans adhésifs chirurgicaux, l'accéléromètre permet de mesurer l'accélération dans les trois axes avec une plage d'échantillonnage de ± 2 g et une densité de bruit de l'ordre de $70 \mu\text{g}/\text{Hz}$. Le module permet d'avoir un échantillonnage de 600 Hz.

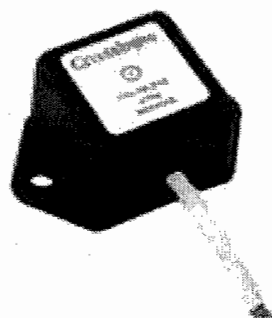


Figure 9. Accéléromètre Crossbow

Nous avons choisi d'utiliser les signaux de plateforme et de l'accéléromètre afin de déterminer, de façon plus précise, le début du mouvement du tronc lors d'un ajustement vertébral lombaire. Les signaux obtenus sur la plate-forme de force et sur l'accéléromètre ont été filtrés à l'aide d'un filtre *Butterworth* de deuxième degré (fréquence de coupure 10 Hz) afin d'éliminer le bruit présent dans le signal électrique. Puisque la force générée lors d'une manipulation vertébrale lombaire provient en partie du tronc, par le biais d'un abaissement rapide du centre de gravité, il est important d'évaluer si le signal obtenu avec la plate-forme de force selon l'axe des Y (axe vertical) constitue un bon indicateur de la contribution du tronc (abaissement du centre de gravité) à la manipulation vertébrale. Une corrélation croisée entre les signaux de la plateforme et ceux de l'accéléromètre nous permettrait de voir si ces deux signaux ont le potentiel de détecter adéquatement les mouvements du tronc, cette corrélation sera étudiée dans une prochaine étude.

Tâche expérimentale

Lors de l'entrée dans le laboratoire, les sujets devaient écrire leur nom, taille et poids sur la feuille attitrée, pour ainsi évaluer si une différence morphologique existait entre les différentes cohortes, tel qu'observé dans le Tableau 1. L'accéléromètre était alors placé sur le sujet au niveau du manubrium. Après avoir présenté les consignes (Annexe A), les sujets amorçaient les manipulations vertébrales de type roulé-lombaire, tel que démontré à la Figure 10.



Figure 10. Positionnement du sujet sur le mannequin.

Les sujets avaient comme consignes de demeurer en tout temps sur la plate-forme de force, tout en prenant contact sur la cellule à l'aide du pisiforme. Ils pouvaient effectuer les modifications qu'ils désiraient quant à la position des membres du mannequin pour s'assurer d'un positionnement confortable et surtout pour mieux représenter leur réalité clinique lors de ce type d'ajustement. Les sujets devaient effectuer trois essais de pratique sur le mannequin, essais qui n'étaient pas enregistrés et qui ne servaient qu'à familiariser le sujet avec le protocole expérimental. Par la suite, ils poursuivaient avec dix essais enregistrés. Si au cours de cette période, le relâchement de l'électro-aimant ne se produisait pas, l'essai en question n'était pas comptabilisé et devait être effectué de nouveau.

Variables dépendantes

Chaque essai permet de mesurer les variables suivantes : accélération du thorax du sujet à l'aide de l'accéléromètre, la force appliquée sur le mannequin et les forces réactives enregistrées par la plate-forme de force. La Figure 11 permet de visualiser ces différentes variables.

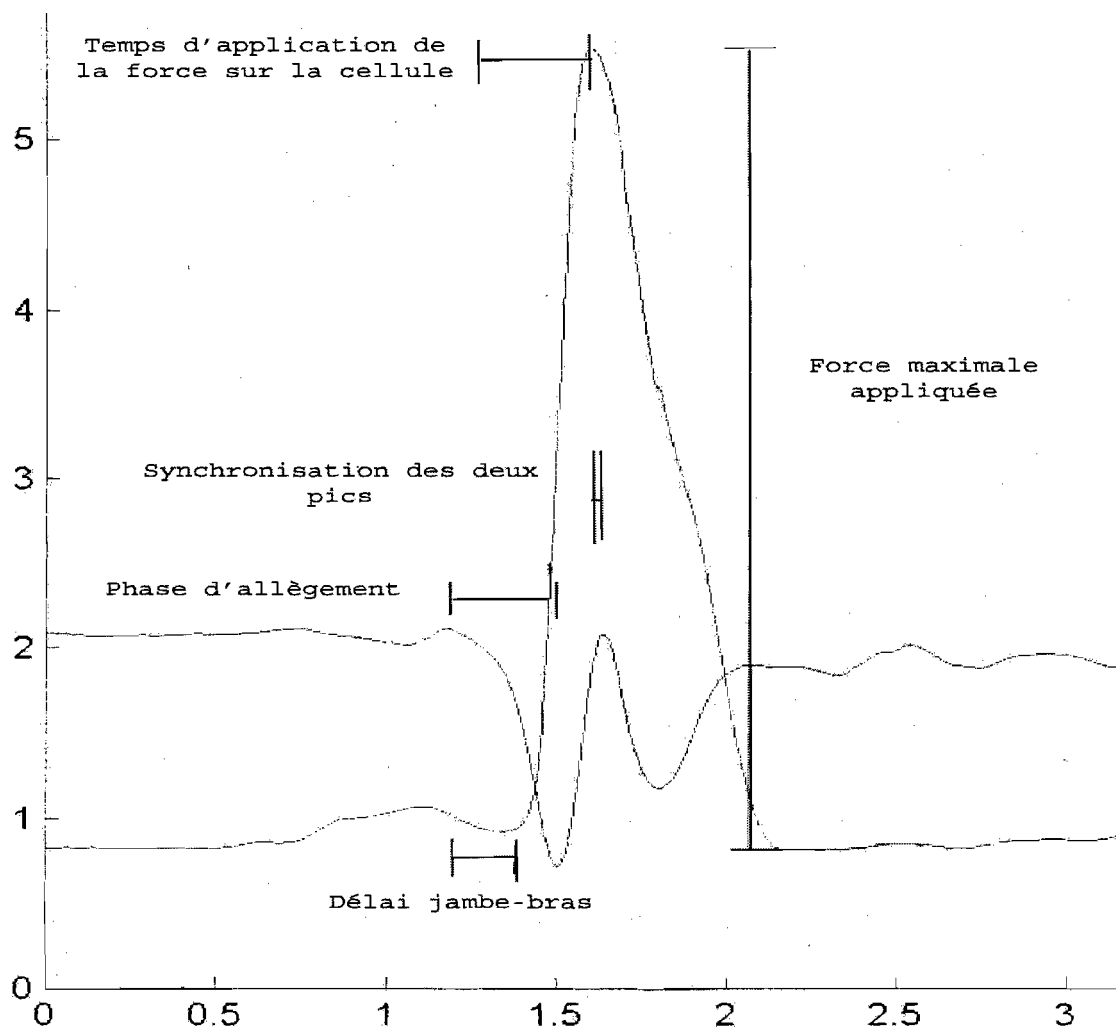


Figure 11. Exemple d'un tracé enregistré en annotation des phases visualisées

Les différentes variables obtenues à l'aide des signaux de la plate-forme de force sont : début de la force, force maximale appliquée, force de pré-tension ainsi que le début

de la phase d'allègement observée à l'aide de la plate-forme de force. La phase d'allègement représente le « drop » du corps pour additionner le vecteur de force à la pression réalisée sur la cellule de force par la main de contact. La force résultante de ce phénomène sur le graphique est la force maximale exercée. Le délai jambe-bras représente le délai entre l'initialisation de la poussée de la main de contact et le début du « drop » corporel. Le temps d'application de la force représente la durée de l'impression de la force sur la cellule. Le délai entre les deux pics représente un indice de la synchronicité du mouvement étant donné qu'une synchronisation parfaite entre les deux pics représente un transfert optimal de la force du vecteur du corps à celui de la main de contact. L'analyse de ces résultats fut effectuée à l'aide d'un logiciel d'analyse statistique (Analyse, Université Laval). Grâce aux valeurs obtenues, il était possible d'extraire les variables suivantes et de les moyennées pour chacun des sujets et chacune des cohortes : temps d'application pour obtenir la force maximale (*Time to peak force*), variabilité de la force maximale (*Peak force variability*), taux de production de la force (*Rate of force production*) et le temps d'allègement sur la plate-forme de force (*Unloading time*). Le délai d'application de force entre la main et le *drop* corporel est calculé à partir de la différence temporelle entre l'initiation de la phase d'allègement sur la plate-forme de force et le début de l'application de la force maximale sur la cellule de force (Descarreaux, Dugas et al., 2006). Selon les vecteurs utilisés sur la plate-forme de force, tout mouvement vertical du centre de masse vers le bas entraîne une inflexion au niveau du tracé de l'appareil sur l'axe des Y. Cette inflexion représente une réduction de la force réactive de la plate-forme selon l'axe Y. La force observée est donc moindre parce que le centre de masse du thorax peut être considéré pendant une certaine période de temps en

chute libre, et ce, tant que la force n'est pas transmise à la cellule de force à l'intérieur du mannequin sur la table. Ce mouvement, contrôlé et synchronisé avec l'application de la force sur le mannequin, est donc considéré comme l'élément de coordination au niveau de la manipulation vertébrale (Descarreaux, Dugas et al., 2006). Il démontre le degré d'efficacité biomécanique du participant. Plus sa durée est petite, plus le participant est efficace pour transmettre la force générée par son vecteur corporel.

Analyse statistique

L'effet de l'expertise sur chacune des variables a été évalué en comparant les résultats de chacun des groupes à l'aide d'une analyse de variance pour un plan expérimental de type A, où A possède quatre niveaux représentant chacun des groupes de l'étude.

CHAPITRE III

Résultats

Dans cette section, les résultats obtenus lors de l'expérimentation sont présentés de façon individuelle pour chacune des variables. La force maximale, Figure 12, la déviation normale de la force maximale, Figure 13, la valeur moyenne de la pré-tension, Figure 14, le délai d'atteinte du pic, Figure 15, la coordination entre la main et le tronc, Figure 16, le taux de production de force, Figure 17 sont les éléments qui sont analysés dans les pages suivantes. Finalement, le Tableau 2 présente un résumé des valeurs obtenues pour chacun des groupes.

Force maximale. L'analyse de variance (ANOVA) de la valeur de la force maximale nous permet de déceler une différence significative entre les groupes avec une valeur p inférieure à 0,05. L'analyse post-hoc effectuée à l'aide du test de *Tukey* révèle une différence entre le groupe expert (B) et le groupe étudiant AI et entre le groupe étudiant AV et le groupe étudiant AI avec des probabilités significatives inférieures à 0,05.

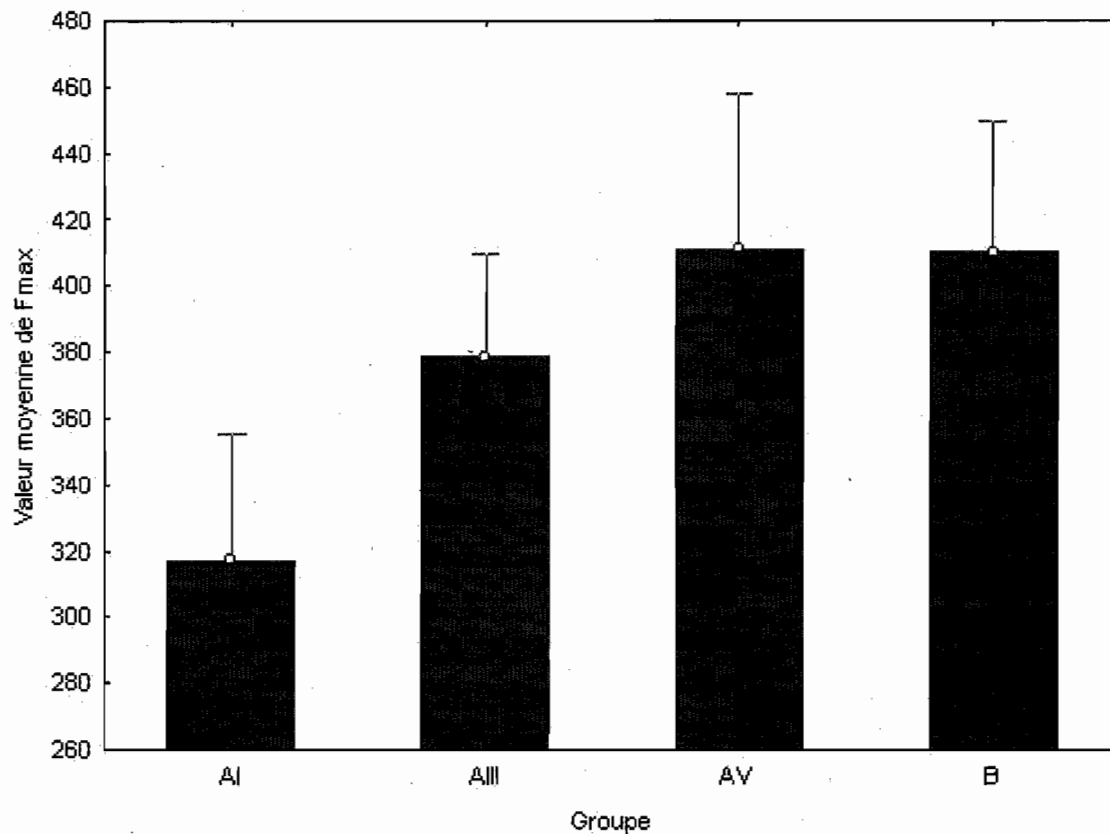


Figure 12. Force maximale moyenne des groupes.

Déviatiun normale de la force maximale inter-essai. L'analyse de variance (ANOVA) de la valeur de la déviatiun normale de la force maximale ne permet pas de déceler une différence significative entre les groupes.

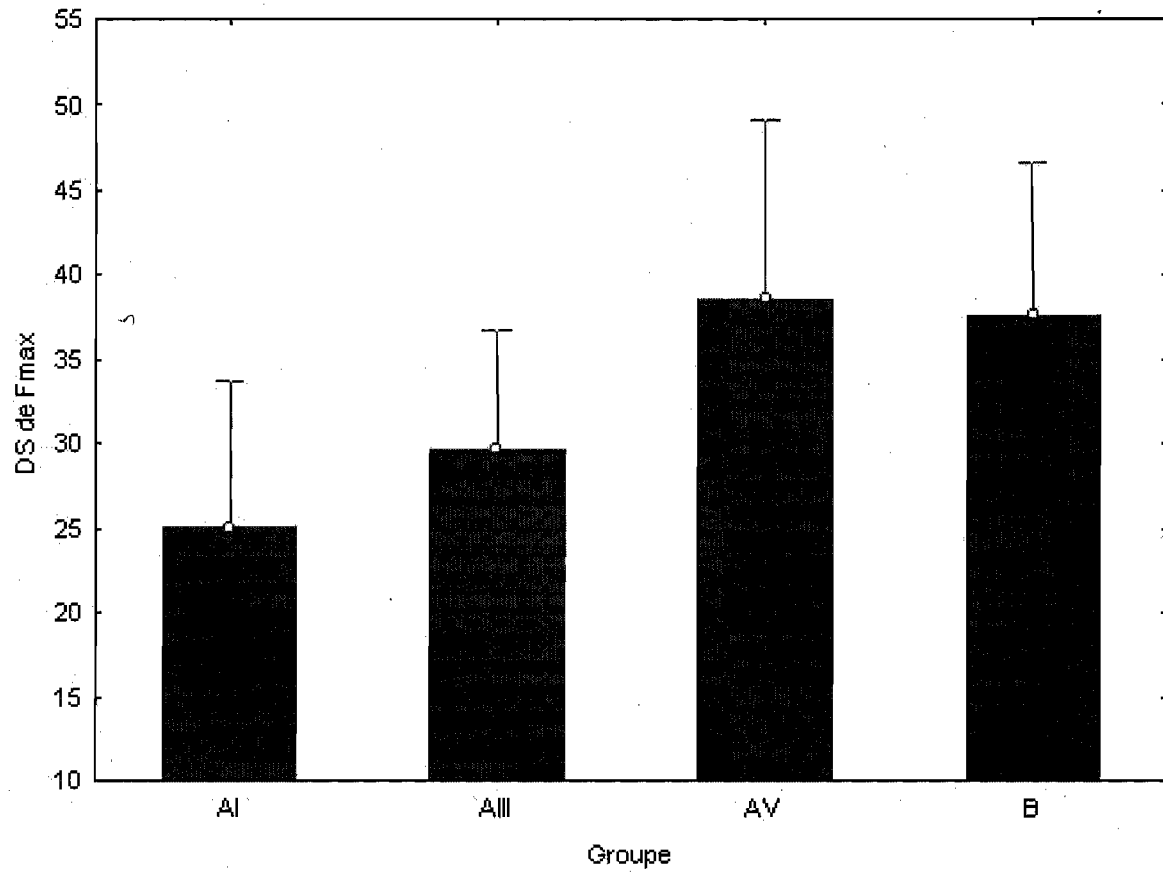


Figure 13. Déviatiun normale de la force maximale entre les groupes.

Pré-tension. L'analyse de variance (ANOVA) de la valeur de la moyenne de pré-tension nous permet de déceler une différence significative entre les groupes avec une valeur p inférieure à 0,05. L'analyse post-hoc effectuée à l'aide du test de *Tukey* permet de remarquer une différence entre le groupe étudiant AV et tous les autres groupes avec des probabilités significatives inférieures à 0,05.

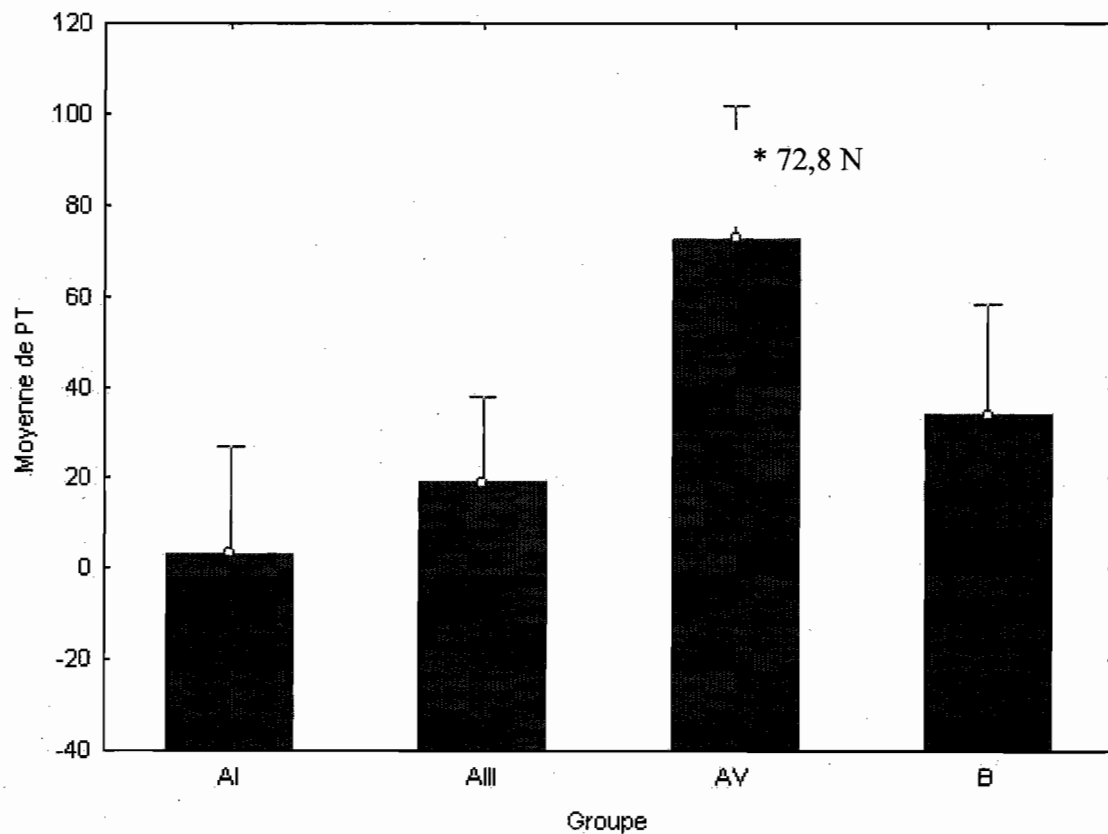


Figure 14. Valeur moyenne de pré-tension entre les groupes.

Délai d'atteinte du pic. L'analyse de variance (ANOVA) de la valeur de la moyenne du délai d'atteinte du pic nous permet de déceler une différence significative entre les groupes avec une valeur p inférieure à 0,05. L'analyse post-hoc effectuée à l'aide du test de *Tukey* permet de remarquer une différence entre le groupe étudiant AI et tous les autres groupes avec des probabilités significatives inférieures à 0,05.

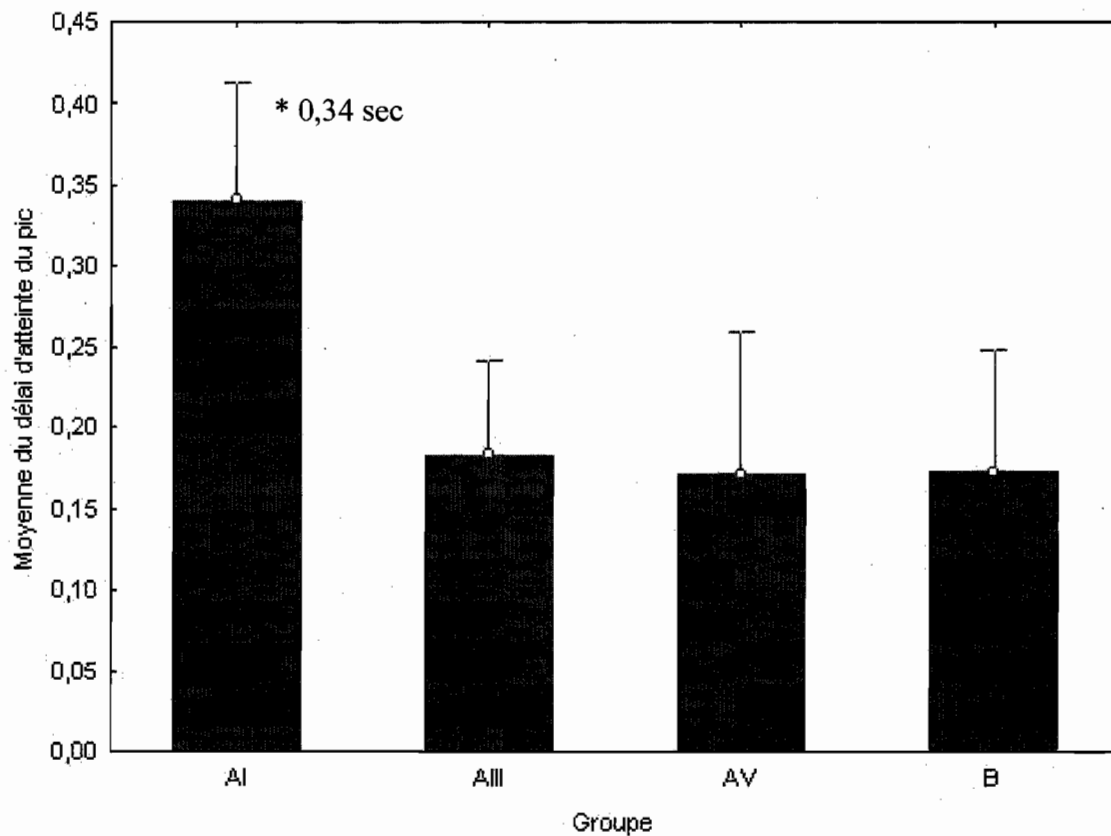


Figure 15. Moyenne du délai d'atteinte du pic entre les groupes.

Coordination entre la main et le tronc. L'analyse de variance (ANOVA) de la valeur de la coordination entre la main et le tronc nous permet de détecter une différence significative entre les groupes avec une valeur p inférieure à 0,01. L'analyse post-hoc effectuée à l'aide du test de *Tukey* permet de remarquer une différence entre le groupe étudiant AIII et tous les autres groupes avec des probabilités significatives inférieures à 0,05.

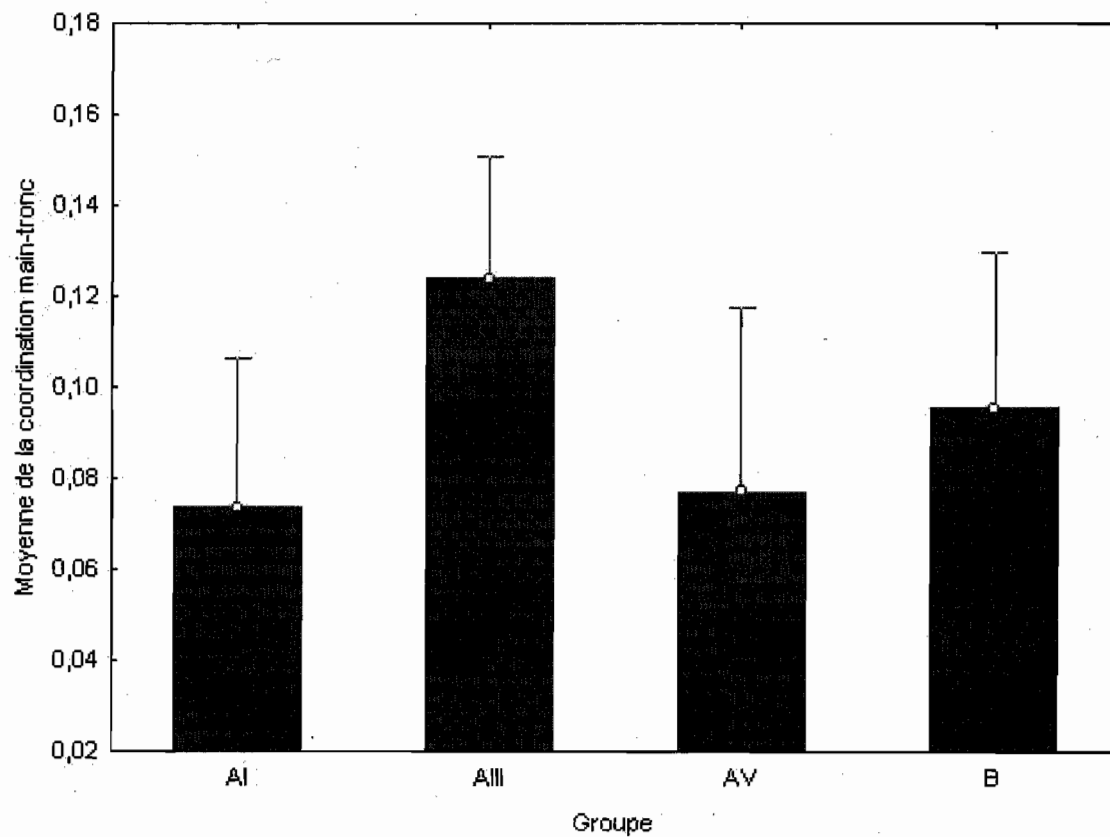


Figure 16. Moyenne de la coordination main-tronc entre les groupes.

Taux de production de force. L'analyse de variance (ANOVA) de la moyenne du taux de production de force nous permet de déceler une différence significative entre les groupes avec une valeur p inférieure à 0,01. L'analyse post-hoc effectuée à l'aide du test de *Tukey* permet de remarquer une différence entre le groupe expert (B) et les groupes étudiants AI avec des probabilités significatives inférieures à 0,01.

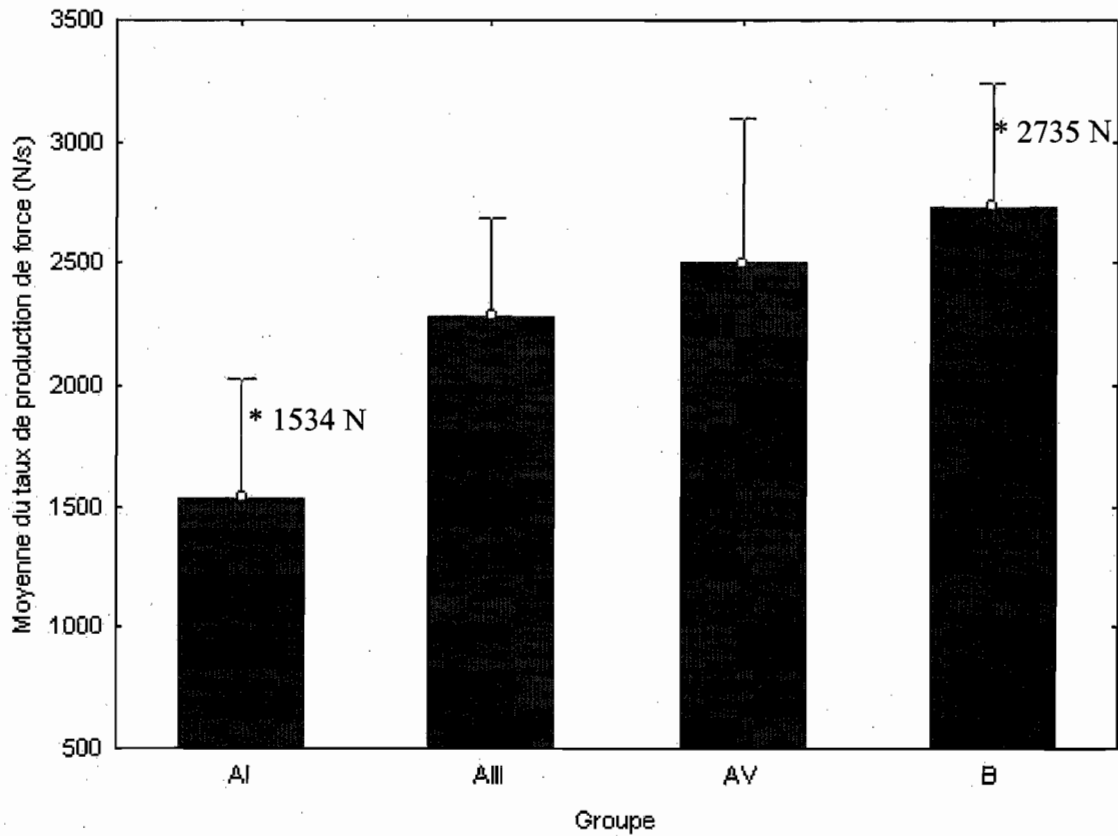


Figure 17. Moyenne de taux de production de force entre les groupes

Tableau 2

Tableau résumant l'ensemble des variables obtenues lors de l'expérimentation

| Groupe | Sexe | N | Valeur moyenne | | Prétension | | Délai d'atteinte du | | Coordination | | Taux de production de | |
|--------|------|----|----------------|-------|------------|-------|---------------------|--------|--------------|--------|-----------------------|--------|
| | | | de Fmax | | | | pic | | | | force moyenne | |
| AI | M | 7 | 320,8 | ±24,4 | 2,5 | ±4,1 | 0,345 | ±0,066 | 0,064 | ±0,086 | 1326,2 | ±298,0 |
| | F | 5 | 312,5 | ±26,0 | 3,9 | ±2,2 | 0,335 | ±0,208 | 0,087 | ±0,061 | 1825,7 | ±384,8 |
| AIII | M | 5 | 388,9 | ±27,3 | 5,2 | ±4,6 | 0,183 | ±0,023 | 0,116 | ±0,047 | 2389,7 | ±283,7 |
| | F | 13 | 373,7 | ±30,9 | 25,9 | ±10,2 | 0,183 | ±0,024 | 0,128 | ±0,038 | 2237,6 | ±295,5 |
| AV | M | 4 | 450,2 | ±50,4 | 94,6 | ±23,7 | 0,162 | ±0,026 | 0,068 | ±0,030 | 2850,2 | ±439,0 |
| | F | 4 | 372,3 | ±26,8 | 51,0 | ±14,7 | 0,181 | ±0,037 | 0,086 | ±0,040 | 2151,2 | ±380,6 |
| B | M | 9 | 414,5 | ±36,7 | 35,3 | ±14,7 | 0,168 | ±0,056 | 0,100 | ±0,043 | 2836,7 | ±352,7 |
| | F | 1 | 364,3 | ±47,1 | 22,6 | ±10,2 | 0,213 | ±0,018 | 0,053 | ±0,032 | 1719,9 | ±263,2 |

CHAPITRE IV

Discussion

L'un des buts de la recherche était d'évaluer les différents paramètres biomécaniques présents lors d'un ajustement chiropratique lombaire et d'en objectiver la réalisation. Puisque le protocole expérimental choisi pour cette étude s'apparente à celui utilisé dans d'autres expériences, nous explorerons dans cette discussion les différences notées entre les groupes tout en comparant nos données à celles déjà publiées sur les régions dorsale et lombaire (Triano, 2001; (Descarreaux, Dugas et al., 2006). Chacun des paramètres biomécaniques sera d'abord analysé individuellement. Par la suite, une synthèse des résultats de ces différents paramètres sera complétée dans le but d'élaborer une stratégie d'enseignement de la manipulation vertébrale lombaire.

Force maximale. On remarque que les étudiants de première année appliquent une force significativement plus faible en comparaison avec les étudiants de cinquième année et le groupe expert. Cette différence, dans l'expérimentation de Descarreaux et col., n'est pas présente (Descarreaux, Dugas et al., 2006). Ils ne notent aucune différence statistique de la force maximale entre les sujets lors de la réalisation d'une manipulation vertébrale dorsale sur un mannequin. On peut probablement expliquer ce phénomène par une différence au niveau de l'objectif de la tâche entre les novices et les groupes ayant plus d'expérience. En effet, les étudiants de première année n'ont jamais effectué de manipulation vertébrale : leur but premier est donc de provoquer le relâchement de l'électro-aimant avant tout. Les étudiants de cinquième année et le groupe expert, quant à eux, ont eu le temps de pratiquer la tâche et ainsi de créer une sorte d'automatisme au sein de la tâche motrice. Une étude de Milton sur l'automatisation d'une tâche motrice

démontrait une différence au niveau de l'activation des aires cérébrales entre l'expert et le novice et de l'intensité de l'activation de ces zones, démontrant que l'expert agissait plus de façon réflexe que le novice (Milton, Small et al., 2004).

Variation de la force maximale. Lors de l'analyse de la variation de la force maximale entre chacun des essais des sujets d'un même groupe, on ne note aucune différence statistique entre les groupes. Ce phénomène corrobore les résultats obtenus par Descarreaux lors de l'utilisation d'un mannequin pour évaluer la manipulation vertébrale au niveau dorsale (Descarreaux, Dugas et al., 2006). Malgré la complexité motrice relative de la manipulation vertébrale lombaire, il semble que la force appliquée sur une résistance constante (fixée à 330 newtons dans le cadre de cette expérience) soit un paramètre facilement assimilé dans l'apprentissage de la manipulation.

Pré-tension. Lors de l'analyse de la force de pré-tension (Figure 14), on note une différence significative entre les étudiants de cinquième année (groupe AV) et tous les autres groupes. Cette différence peut s'expliquer par l'apprentissage et la pratique de la technique manipulative au cours de leurs cinq années d'études. La valeur est à son plus bas dans le groupe d'étudiants de première année (groupe AI), et elle s'explique facilement : les étudiants n'ont pas encore appris les manipulations vertébrales.

L'objectif pour eux est donc de causer la dépression de la résistance de la cellule de force, sans pour autant se préoccuper de l'exécution. Cette tendance s'observe également chez les étudiants de troisième année (groupe AIII). Phénomène étrange, on note que la force de pré-tension diminue avec les experts à un niveau approchant celui des étudiants de troisième et de première année. Ce phénomène peut s'expliquer par les habiletés de palpation des sujets. En effet, plus le chiropraticien possède de l'expérience en palpation,

il a tendance à appliquer moins de force pour ressentir le blocage de l'articulation.

L'expert tend donc à réaliser la manipulation vertébrale lombaire en gardant le patient dans une position plus neutre, puisque cette position réduit la résistance naturelle produite par le patient étant donné l'inconfort que peut produire la mise sous-tension. On peut observer une courbe de force réalisée lors d'un essai chez un expert à la Figure 18, où l'on n'observe aucune pré-tension.

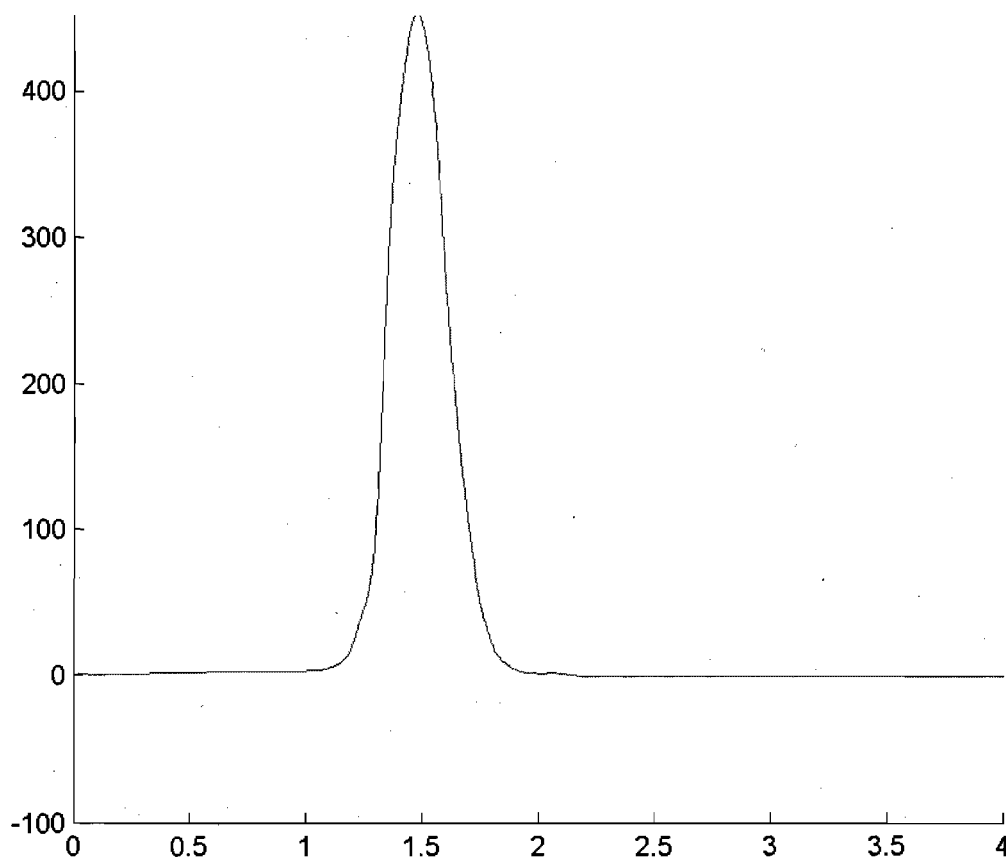


Figure 18. Courbe de force sans pré-tension

Plusieurs sujets du groupe expert mentionnaient également le manque de réalisme du mannequin. Ils disaient éprouver de la difficulté à recréer la manipulation vertébrale de façon authentique sur celui-ci. Toutes ces raisons peuvent expliquer, de façon

partielle, ce phénomène. L'étude de Descarreaux ne démontrait aucune variation entre les différents groupes sur ce paramètre (Descarreaux, Dugas et al., 2006).

Délai d'atteinte du pic de force. Les étudiants de première année, comme le témoigne la Figure 15, utilisaient, statistiquement plus de temps que tous les autres groupes pour atteindre la force maximale lors de l'expérimentation. Cette différence, également observée par Descarreaux et coll., s'explique par l'absence de connaissance au niveau de l'exécution de la manipulation vertébrale au sein du groupe de première année (Descarreaux, Dugas et al., 2006). On remarque cependant que cette aptitude s'apprend rapidement. En effet, dès la troisième année, on ne remarque pas de différence marquée entre ceux-ci et les deux autres groupes, soit les étudiants de cinquième année et le groupe expert.

Coordination main-tronc. On remarque lors de l'analyse de cette valeur que les étudiants de troisième année obtiennent une valeur plus grande que tous les autres participants. Cette différence entre ces sujets et les groupes plus expérimentés, tels que les étudiants de cinquième année et le groupe expert, démontre que les étudiants de troisième année ont de la difficulté à coordonner l'application de la force de la main de contact avec le *drop* corporel. Cette différence, également observée par Descarreaux sous ces conditions, est cependant différente lorsque l'on compare les groupes de troisième et de première année (Descarreaux, Dugas et al., 2006). En effet, on remarque que les étudiants de première année synchronisent plus facilement ce geste. Étant donné qu'il est impossible de différencier les sujets selon leur expérience motrice dans des sports ou d'autres activités requérant un niveau de coordination important, il se peut que ce soit

l'une des principales raisons pour laquelle on note cette différence, tel que soulevé par Witney et coll. dans leur étude (Witney, Vetter et al., 2001).

Taux de production de force. La valeur moyenne du taux de production de force observée chez les experts est significativement plus élevée que chez les débutants.

Puisque le taux de production de force est le ratio entre la force maximale produite lors de la manipulation et le temps nécessaire pour produire cette force, nous nous retrouvons devant trois possibilités pour expliquer ce changement. De fait, pour augmenter le taux de production de force, nous pouvons, dans un premier temps, augmenter la force maximale produite tout en gardant le temps d'application constant. Nous pouvons également conserver une force d'application constante, mais exécuter le geste plus rapidement. Ou encore, nous pouvons augmenter la force maximale tout en diminuant le temps d'application de la force. C'est exactement ce qui s'est produit chez nos experts : en comparant la force maximale et le temps d'application de la force, on constate que la force maximale est plus élevée que chez les sujets de première année et que le temps d'application de la force est plus court. Ces résultats corroborent ceux observés par Descarreaux (2006) et Triano et coll. (2001).

La force maximale utilisée, le délai d'atteinte du pic ainsi que la résultante de ces deux variables, le taux de production de force sont des valeurs qui semblent être maîtrisées rapidement par les cohortes étudiantes.

La corrélation croisée

Lors du traitement du signal, la corrélation croisée, nous permet d'analyser le degré de corrélation spatio-temporelle entre deux signaux. Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit de la corrélation croisée entre la force verticale enregistrée sur la plateforme et le

signal de l'accéléromètre (composante verticale) disposé sur le manubrium des sujets. La corrélation croisée effectue donc une série de corrélation entre les deux signaux. En imposant un délai temporel (*lag*) entre les deux signaux, elle permet aussi de vérifier si un événement particulier sur un signal ne serait pas corrélé avec un autre événement décalé dans le temps sur un deuxième signal.

Par exemple, il pourrait exister une forte corrélation entre le pic de force verticale de la plateforme de force et une accélération du tronc qui précéderait dans le temps le pic de la plateforme.

Pour nos données, on se retrouve avec des sujets, tout groupe confondu, qui ont une assez forte corrélation qui se produit autour de « 251 ». Cela veut donc dire qu'il y avait ici une importante synchronisation entre les deux signaux. On pourrait interpréter ces résultats comme étant une excellente coordination dans le transfert de poids et la coordination générale pendant l'ajustement. Par contre, d'autres sujets n'ont que de faibles corrélations et qui plus est, cette corrélation ne se produit pas au même moment sur les deux signaux. Il faut se poser la question quant à la stratégie utilisée par ces sujets puisque le manque de corrélation indique peut-être une autre stratégie que l'utilisation du drop. Une analyse cinématique de la réalisation de la manipulation vertébrale sur le mannequin permettrait d'évaluer les changements de stratégie motrice induits par l'apprentissage. La conception du mannequin peut également nuire au réalisme de la manipulation vertébrale et ce facteur peut interférer avec la réalisation de la tâche motrice. Une étude comparative permettant d'évaluer la corrélation entre le *drop* du tronc et la manipulation vertébrale sur de véritables patients ainsi que sur le mannequin chez le groupe des experts nous permettrait de vérifier cette hypothèse. Un phénomène de

personnalisation de la tâche motrice peut également affecter l'analyse de celle-ci. Par exemple, la grande variabilité observée entre les joueurs de tennis lors des services illustre bien ce phénomène. En effet, après une certaine période d'apprentissage et d'expérimentation dans la réalité clinique, le chiropraticien peut graduellement modifier la technique de base qui lui a été enseignée lors de ses études. Cette « signature personnelle » de la part du sujet peut créer une variabilité non négligeable lors de l'analyse de la corrélation entre le *drop* du tronc et les vecteurs de force sur la plateforme de force. Sans toutefois amener un avantage, cette variation au sein de la technique peut se produire selon les préférences du praticien.

Limites expérimentales

La première limite à analyser est le manque de réalisme du mannequin. En effet, l'électro-aimant et la surface de contact ne semblaient pas recréer de façon acceptable la manipulation vertébrale effectuée sur des sujets humains. Le problème se situait surtout au niveau de la tension nécessaire pour la réalisation de la manipulation. La pré-tension chez les sujets experts semblait provoquer le relâchement de l'électro-aimant lors du positionnement du clinicien, ce qui indique que la valeur de relâchement semblait être inférieure à celle que les cliniciens s'attendent d'observer dans le contexte clinique. Ils diminuaient donc l'utilisation de la pré-tension.

Cette étude pourrait donc être répétée en apportant plusieurs modifications au mannequin. Ainsi, en réajustant le seuil de relâchement, on pourrait observer une plus grande variabilité intergroupe. Il serait également important d'atténuer la vitesse de relâchement de l'électro-aimant afin d'optimiser le réalisme du mannequin et de la tâche. Le confort du contact sur la cellule de force pourrait être amélioré en utilisant une mousse

viscoélastique de densité ferme à extraferme pour simuler la peau d'un patient. La mobilité des diverses sections du mannequin devrait permettre une plus grande flexibilité de positionnement et de mobilité ce qui améliorerait grandement le réalisme de la pratique sur celui-ci et multiplierait les diverses situations cliniques observées de façon quotidienne par le chiropraticien lors de sa pratique.

De cette façon, en favorisant le confort et le réalisme du relâchement, les sujets pourraient effectuer la manipulation vertébrale de cette région avec plus de réalisme.

Recommandations

Présentement, l'enseignement des techniques de manipulation vertébrale à l'Université du Québec à Trois-Rivières (voir Annexe B) suit une séquence précise d'apprentissage. Les étudiants de première année apprennent les rudiments de la palpation vertébrale et des tissus mous. Ils apprennent également l'application des amplitudes du mouvement et du jeu articulaire tant vertébrale qu'au niveau des articulations périphériques. C'est au cours de la deuxième année académique que les étudiants vont développer leurs aptitudes de palpation pour leur permettre de déceler les restrictions articulaires. C'est aussi au cours de cette période qu'ils vont débiter l'apprentissage du positionnement nécessaire pour effectuer les manipulations vertébrales. Des exercices pour améliorer la rapidité des poussées à l'aide de la main ainsi que la coordination en général seront également démontrés au cours de cette année. Lors de la troisième année académique, les étudiants poursuivent l'apprentissage des différentes postures à maîtriser pour le positionnement lors des manipulations vertébrales. L'idée de poussée, plus communément appelée *thrust*, sera également incorporée. C'est durant cette année que les techniques de manipulation vertébrale les plus complexes

seront démontrées. Au cours de la quatrième année académique, les étudiants débutent l'application des manipulations vertébrales sur des confrères ou consœurs. Les étudiants doivent donc être capables, à partir de ce moment, d'exécuter les manipulations de façon sécuritaire, sans pour autant avoir eu la chance de pratiquer ce mouvement de façon réelle auparavant, d'où l'importance de la supervision d'un expert à ce moment. C'est également à partir de cette année que les étudiants entrent à la clinique universitaire de chiropratique pour pratiquer sur des patients provenant de l'extérieur du milieu académique. C'est à partir de ce moment que les différents paramètres de la manipulation vertébrale sont évalués plus en détail, comme le démontrent les grilles d'évaluation des manipulations vertébrales au sein de différents collèges chiropratiques dans l'Annexe C.

Étant donné que le cursus ne permet pas la pratique sur des sujets avant la quatrième année, la transition entre la réalité clinique et la phase expérimentale de l'apprentissage devient beaucoup plus difficile. L'utilisation du mannequin au cours de la formation académique pourrait donc faciliter la transition, puisque les recherches de Triano (2004), Descarreaux (2006), Young (1998) et de Scaringe (2002) démontrent l'efficacité de ce mode d'entraînement pour améliorer la motricité au niveau des manipulations vertébrales. L'ajout de périodes de pratique à l'intérieur des cours de palpation et de manipulation vertébrale serait bénéfique pour les étudiants. Au cours de la première année, l'utilisation de *toggle board*, instrument permettant de pratiquer la poussée des mains, pourrait être introduite dans le curriculum pour ainsi familiariser très tôt les étudiants au concept de poussée requise pour effectuer une manipulation vertébrale. Par la suite, c'est au cours de la deuxième année académique, étant donné que les étudiants débutent l'apprentissage du positionnement, que l'introduction de séances

de pratique sur le mannequin pourrait être effectuée. Il pourrait donc déjà transférer l'apprentissage de la poussée sur le mannequin. Les étudiants développeraient donc une certaine familiarité avec le mannequin et ils pourraient appliquer à leur guise leurs aptitudes motrices de la manipulation vertébrale, et ce, sans aucun risque de blessure sur le patient simulé. C'est donc au cours de la deuxième et de la troisième année que les étudiants pourraient développer l'idée de la force appliquée sur le segment à manipuler, la vitesse de la poussée, le concept de *drop* du corps ainsi que la synchronicité entre le membre supérieur et inférieur. De cette façon, lors de leur initiation sur des sujets faisant partie de la cohorte d'étudiants en chiropratique, leurs habiletés seraient supérieures, ce qui diminuerait grandement le risque d'effets secondaires sur les sujets servant de patient. Le transfert de la pratique à la réalité clinique se ferait donc de façon plus fluide, tout en réduisant le stress ressenti par les étudiants lors de leur début en clinique.

CHAPITRE V

Conclusion

Tout comme dans les sports artistiques, où l'on juge de façon subjective et l'on attribue une note permettant d'établir le niveau d'expertise du sujet, les manipulations vertébrales en sont encore à ce niveau d'évaluation. Que ce soit au niveau de la reproductibilité entre les différentes évaluations ainsi qu'au biais individuel qu'il peut exister, cette méthode limite grandement l'appréciation de la qualité d'exécution de la tâche motrice. Il est donc difficile d'objectiver le niveau de compétence des étudiants, ou des différents chiropraticiens. Le but de cette recherche était donc de vérifier l'application de variables numériques pour l'appréciation d'une manipulation vertébrale lombaire et d'ainsi pouvoir juger du niveau d'aptitude entre des sujets d'expertise différente.

L'utilisation du mannequin et de la plate-forme de force dans ce cas, permettait d'analyser, de façon sécuritaire, ces paramètres pour ensuite remarquer le transfert de l'apprentissage et de la pratique sur ces variables. En présence de variables critiques permettant de bien objectiver la manipulation vertébrale lombaire, une différence marquée entre les groupes aurait été observée. Telle la courbe d'apprentissage présentée à la Figure 5, l'étude aurait permis de déceler une progression similaire entre les différents groupes, du novice à l'expert.

Lors de l'analyse des résultats, on constate que les experts sont : a) plus stables que les novices lors de la production de la force maximale nécessaire au relâchement de l'électro-aimant; b) plus rapide au niveau pour atteindre le pic de force; ce qui implique

que c) le taux de production de force des experts est supérieur aux novices. On note donc l'importance de la force maximale, de son temps d'application et de la vitesse : ce sont des variables très importantes pour les manipulations vertébrales au niveau lombaire. Lorsque l'on compare les étudiants ayant plus d'expérience dans le positionnement et dans l'exécution des manipulations vertébrales, on constate qu'il existe moins de différence entre les étudiants et le groupe expert. Les variables étudiées ont donc tendance à être maîtrisées plus rapidement, ce qui explique le manque de variabilité entre ces cohortes.

De futures recherches devraient donc être effectuées dans ce domaine pour permettre de préciser les marqueurs nécessaires à l'appréciation objective de la manipulation vertébrale et d'ainsi permettre d'établir le niveau de compétence des étudiants tout au long de leur apprentissage. En précisant ces variables et en les incorporant à l'intérieur d'un mannequin semblable à celui utilisé dans l'expérience, il serait possible d'utiliser ce mannequin comme un outil d'apprentissage permettant de réduire les risques de blessures entre les participants dans les cours d'apprentissage des manipulations vertébrales. De plus, en s'assurant du niveau de maîtrise des futurs gradués ou des autres thérapeutes utilisant les manipulations vertébrales, les risques associés aux manipulations au sein du public seraient réduits.

RÉFÉRENCES

- Baldissera, F., P. Cavallari, et al. (1991). "Differential control of in-phase and anti-phase coupling of rhythmic movements of ipsilateral hand and foot." Experimental Brain Research **83**: 375-380.
- Carr, J. and R. B. Shepherd (2000). Movement science : foundations for physical therapy in rehabilitation. Gaithersburg, Md., Aspen Publishers.
- Childs, J. D., T. W. Flynn, et al. (2006). "A perspective for considering the risks and benefits of spinal manipulation in patients with low back pain." Man Ther **11**(4): 316-20.
- Cohen, E., J. J. Triano, et al. (1995). "Biomechanical performance of spinal manipulation therapy by newly trained vs. practicing providers: does experience transfer to unfamiliar procedures?" J Manipulative Physiol Ther **18**(6): 347-52.
- Colloca, C. J., T. S. Keller, et al. (2006). "Spinal manipulation force and duration affect vertebral movement and neuromuscular responses." Clin Biomech (Bristol, Avon) **21**(3): 254-62.
- Coulter, I. D. and P. G. Shekelle (2005). "Chiropractic in North America: a descriptive analysis." J Manipulative Physiol Ther **28**(2): 83-9.
- Descarreaux, M., C. Dugas, et al. (2006). "Learning spinal manipulation: the importance of augmented feedback relating to various kinetic parameters." Spine J **6**(2): 138-45.

- Descarreaux, M., C. Dugas, et al. (2005). "Kinetic analysis of expertise in spinal manipulative therapy using an instrumented manikin." Journal of chiropractic medicine 4(2): 53-60.
- Dupuis, M. and R. Leclaire (1986). Pathologie médicale de l'appareil locomoteur. St-Hyacinthe, Paris, Édisem ; Maloine.
- Fitts, P. M. (1954). "The information capacity of the human motor system controlling the amplitude of the movement." Journal of Experimental Psychology 47(6): 381-391.
- Fitts, P. M. and M. I. Posner (1967). Human Performance - Basic Concepts. California, Cole Publishing Company, Belmont.
- Flynn, T. W., J. D. Childs, et al. (2006). "The audible pop from high-velocity thrust manipulation and outcome in individuals with low back pain." J Manipulative Physiol Ther 29(1): 40-5.
- Flynn, T. W., J. M. Fritz, et al. (2003). "The audible pop is not necessary for successful spinal high-velocity thrust manipulation in individuals with low back pain." Arch Phys Med Rehabil 84(7): 1057-60.
- Gray, R. (2004). "Attending to the execution of a complex sensorimotor skill: expertise differences, choking, and slumps." J Exp Psychol Appl 10(1): 42-54.
- Henry, F. M. and D. E. Rogers (1960). "Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction." Research Quarterly 31: 448-458.
- Herzog, W. (2000). The mechanics of spinal manipulation. Clinical biomechanics of spinal manipulation. W. Herzog. New York, Churchill Livingstone: 92-190.

- Hodges, N. J., R. Chua, et al. (2003). "The role of video in facilitating perception and action of a novel coordination movement." J Mot Behav **35**(3): 247-60.
- Kelso, J. A. S. and J. J. Jeka (1992). "Symmetry breaking dynamics of human multilimb coordination." Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance **18**: 645-668.
- Kelso, J. A. S., D. L. Southard, et al. (1979). "On the coordination of two-handed movements." Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance **5**: 229-238.
- Macanuel, K., A. Deconinck, et al. (2005). "Characterization of side effects sustained by chiropractic students during their undergraduate training in technique class at a chiropractic college: a preliminary retrospective study." Journal of Canadian Chiropractic Association **49**(1): 46-55.
- Magill, R. and C. Wood (1986). "Knowledge of results precision as a learning variable in motor skill acquisition." Research Quarterly Exercise & Sport **57**: 170-173.
- Magill, R. A. (1998). Motor learning : concepts and applications. Boston, Mass., McGraw-Hill.
- Milton, J. G., S. S. Small, et al. (2004). "On the road to automatic: dynamic aspects in the development of expertise." J Clin Neurophysiol **21**(3): 134-43.
- Nelson, C. F., R. D. Metz, et al. (2005). "Effects of a managed chiropractic benefit on the use of specific diagnostic and therapeutic procedures in the treatment of low back and neck pain." J Manipulative Physiol Ther **28**(8): 564-9.
- Newell, K. M. (1991). "Motor skill acquisition." Annual Reviews of Psychology **42**: 213-237.

- Peterson, D. H. and T. F. Bergmann (2002). Chiropractic technique : principles and procedures. 2nd ed. St. Louis.
- Pickar, J. G. and Y. M. Kang (2006). "Paraspinal muscle spindle responses to the duration of a spinal manipulation under force control." J Manipulative Physiol Ther **29**(1): 22-31.
- Pringle, R. K. (2004). "Guidance hypothesis with verbal feedback in learning a palpation skill." J Manipulative Physiol Ther **27**(1): 36-42.
- Rigal, R. (1996). Motricité humaine : fondements et applications pédagogiques. Sainte-Foy, Québec Presses de l'Université du Québec, 1995-1996.
- Rogers, C. M. and J. J. Triano (2003). "Biomechanical measure validation for spinal manipulation in clinical settings." J Manipulative Physiol Ther **26**(9): 539-48.
- Ross, J. K., D. E. Bereznick, et al. (2004). "Determining cavitation location during lumbar and thoracic spinal manipulation: is spinal manipulation accurate and specific?" Spine **29**(13): 1452-7.
- Scaringe, J. G., D. Chen, et al. (2002). "The effects of augmented sensory feedback precision on the acquisition and retention of a simulated chiropractic task." J Manipulative Physiol Ther **25**(1): 34-41.
- Schmidt, R. A. and T. D. Lee (2005). Motor control and learning : a behavioral emphasis. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Schmidt, R. A. and C. A. Wrisberg (2004). Motor learning and performance. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Triano, J. J. (2001). "Biomechanics of spinal manipulative therapy." Spine J **1**(2): 121-30.

- Triano, J. J., J. Bougie, et al. (2004). "Procedural skills in spinal manipulation: do prerequisites matter?" Spine J **4**(5): 557-63.
- Triano, J. J., C. M. Rogers, et al. (2002). "Developing skilled performance of lumbar spine manipulation." J Manipulative Physiol Ther **25**(6): 353-61.
- Triano, J. J., J. Scaringe, et al. (2006). "Effects of visual feedback on manipulation performance and patient ratings." J Manipulative Physiol Ther **29**(5): 378-85.
- Witney, A. G., P. Vetter, et al. (2001). "The influence of previous experience on predictive motor control." Neuroreport **12**(4): 649-653.
- Young, T. J., R. Hayek, et al. (1998). "A cervical manikin procedure for chiropractic skills development." J Manipulative Physiol Ther **21**(4): 241-5.
- Zelaznik, H. N. (1996). Advances in motor learning and control. Champaign, IL, Human Kinetics.

Annexe A

Texte présenté au sujet de l'expérimentation contenant les consignes à suivre lors du
projet

Le projet consiste à effectuer un ajustement de type roulé-lombaire à l'aide d'un drop corporel. Trois essais de pratique seront effectués avant de procéder à l'enregistrement de dix essais. Les essais doivent provoquer le relâchement de l'électro-aimant, phénomène reproduisant la cavitation et se ressentant comme un dé clic. La force minimale pour relâcher l'électro-aimant doit être utilisée. Vous pouvez prendre la position de votre choix en autant que le pied de support soit sur la plate-forme. Une démonstration peut être effectuée, selon votre choix.

Le but du projet est d'évaluer la biomécanique du « drop » corporel ainsi que de différents paramètres.

Annexe B

Description des différents cours incorporant l'enseignement des techniques de manipulations vertébrales.

Technique chiropratique I

Développer le sens d'observation et les habiletés tactiles nécessaires pour évaluer l'intégrité fonctionnelle du corps humain. Différencier la biomécanique normale et anormale. Introduction aux principes de palpation de manière à distinguer les différentes couches de tissus (adipeux, muscles, etc.) et les différentes textures de peau. Appréciation des variations de température de la peau. Notions d'hypotonicité et d'hyper tonicité. Palpation statique et dynamique du rachis. Évaluation posturale.

Technique chiropratique II

Acquérir les techniques d'ajustement et de manipulations vertébrales ainsi que diverses méthodes de palpation. Intégrer les diverses techniques d'examens et d'analyses en vue de poser un diagnostic chiropratique précis et de déterminer les traitements appropriés. Description, démonstration et utilisation de corrections thérapeutiques diverses. Analyse de la performance musculaire. Procédures de palpation de l'articulation sacro-iliaque. Procédures d'ajustement.

Technique chiropratique III

Parfaire la maîtrise des différentes techniques de palpation, d'examen et d'ajustement de la colonne vertébrale, du bassin et des articulations périphériques. Apprentissage des modes et des techniques d'ajustement des régions cervicale, dorsale, lombaire et pelvienne. Thérapies réflexes de l'appareil musculaire et massages thérapeutiques. Adaptation des techniques d'ajustement spécialisées.

Internat I-IV

Acquérir l'expérience clinique, les habiletés de diagnostic et de pronostic ainsi que les habiletés thérapeutiques qui sont requises pour la pratique de sa profession. Acquérir les compétences suivantes : anamnèse, examens physiques, établissement d'un diagnostic et impressions cliniques, plan d'intervention, techniques d'ajustement vertébral et d'ajustement des articulations périphériques, examens radiologiques, revues de cas, référence pour consultation, tests spécialisés, rapport au patient. Évaluation des compétences cliniques.

Techniques chiropratiques particulières

Acquérir et maîtriser certaines techniques particulières d'ajustements chiropratiques. Présentations théoriques et pratiques des techniques particulières d'ajustements chiropratiques suivantes : techniques Thompson, kinésiologie appliquée, technique sacro-occipitale, méthode Activator, technique Gonstead. Palpation dynamique, technique Pierce. D'autres techniques particulières pourront être abordées

Annexe C

Grilles d'évaluation utilisées par les différents collèges chiropratiques.

Logan College of Chiropractic

Western College of Chiropractic

Université du Québec à Trois-Rivières