

Université de Montréal

**Réponses cliniques individuelles aux traitements par
manipulations vertébrales : influence de la fréquence et du
dosage**

par Mégane Pasquier

Programme de sciences biomédicales
Faculté de médecine
en extension à l'Université du Québec à Trois-Rivières

Thèse présentée
en vue de l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph.D.)
en sciences biomédicales

Décembre 2021

© Mégane Pasquier, 2021

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.

Université de Montréal
Programme de Sciences Biomédicales
Faculté de médecine
En extension à l'Université du Québec à Trois-Rivières

Cette thèse intitulée

**Réponses cliniques individuelles aux traitements par manipulations vertébrales :
influence de la fréquence et du dosage.**

Présentée par
Mégane Pasquier

A été évalué(e) par un jury composé des personnes suivantes

Frédéric Dionne
Président-rapporteur

Martin Descarreaux
Directeur de recherche

Arnaud Lardon
Codirecteur

François Desmeules
Membre du jury

Christophe Demoulin
Examinateur externe

Résumé

Les troubles musculosquelettiques représentent l'une des premières causes d'incapacité observables dans le monde entier et sont devenus un véritable enjeu de santé publique. Afin de mieux prendre en charge ces troubles, plusieurs guides de bonnes pratiques cliniques portant sur la prise en charge des douleurs d'origine musculosquelettique ont été publiés au cours de la dernière décennie. Bien que la plupart de ces guides de bonnes pratiques cliniques récents soient basés sur des preuves scientifiques de niveaux faibles à modérées, la grande majorité d'entre eux suggèrent que les traitements conservateurs, y compris les thérapies manuelles, sont une des options efficaces pour traiter les douleurs rachidiennes non spécifiques aigues, subaiguës et chroniques. Parmi l'éventail de traitements conservateurs offerts, la chiropratique, thérapie manuelle de première intention, permet la prise en charge des conditions musculosquelettiques, plus particulièrement les douleurs rachidiennes et leurs nombreuses conséquences. Cette thèse explore les connaissances au sujet de la manipulation vertébrale en s'intéressant plus particulièrement aux concepts de dosage et de fréquence du traitement. Pour ce faire, une revue intégrative de la littérature a été menée et a permis de rapporter des effets de dosage de la manipulation vertébrale sans toutefois identifier avec précision un dosage « idéal ». De plus, une étude expérimentale transversale a permis d'approfondir les connaissances qui ont trait aux paramètres biomécaniques et au confort de la manipulation vertébrale. Enfin, une étude cohorte a permis d'identifier le confort ainsi que les attentes du patient comme variables associées à la réponse au traitement par manipulation vertébrale. Poursuivre l'exploration des caractéristiques du patient s'avère nécessaire afin d'identifier les conditions et sous-groupes de patients qui répondront le mieux à un traitement par manipulations vertébrales.

Mots-clés : Thérapie manuelle, Réponses cliniques, Confort, Attentes, Dosage

Abstract

Musculoskeletal disorders are one of the leading causes of disability worldwide and have become a real public health issue. To better manage these disorders, several good clinical practice guidelines on the management of musculoskeletal pain have been published over the past decade. Although most of these recent guidelines are based on low to moderate levels of scientific evidence, the vast majority suggest that conservative treatments, including manual therapies, are an effective option for treating acute, subacute, and chronic nonspecific spinal pain. Among the range of conservative treatments available, chiropractic, as a first-line manual therapy, provides management of musculoskeletal pathologies and conditions and their consequences. This thesis explores what is known about spinal manipulation, with a particular focus on the concepts of treatment dosage and frequency. To this end, a scoping review was conducted and identified dosage effects of spinal manipulation but fail to identify an "ideal" dosage. In addition, an experimental study has further explored biomechanical parameters as well as comfort of the spinal manipulation. At last, a cohort study has identified comfort and expectations as candidate prognosis factors of response to spinal manipulation. Further exploration of patient characteristics is necessary to identify the conditions and subgroups of patients that will best benefit from spinal manipulation.

Keywords: Manual therapy, Clinical outcomes, Comfort, Expectation, Dosage

Table des matières

Résumé	i
Abstract.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des sigles	x
Remerciements	xiii
Introduction.....	1
Chapitre 1 – Les troubles musculosquelettiques.....	4
1.1 Les troubles musculosquelettiques	4
1.1.1 Définition	4
1.1.2 Prévalence	5
1.1.3 Portrait économique	8
1.2 Les troubles musculosquelettiques du rachis	9
1.2.1 Description anatomique du rachis.....	9
1.2.2 Douleur et dégénérescence du rachis	12
1.2.3 Portrait clinique des douleurs rachidiennes	15
1.2.4 Les options thérapeutiques.....	23
Chapitre 2 – La manipulation vertébrale	30
2.1 La manipulation vertébrale	30
2.1.1 Origines.....	30
2.1.2 Définitions.....	31
2.1.3 Définition biomécanique de la manipulation vertébrale.....	33
2.1.4 Évaluation objective de la manipulation vertébrale.....	38
2.1.5 Les mécanismes et effets de la manipulation vertébrale.....	44
2.1.6 Le traitement par manipulation vertébrale : réponse clinique et dose	49

Chapitre 3 – Article I - Spinal manipulation frequency and dosage effects on clinical and physiological outcomes: a scoping review.....	54
Résumé.....	55
Abstract.....	57
Introduction.....	59
Methods.....	61
Step 1: identifying the research question	61
Step 2: identifying relevant studies.....	61
Step 3: study selection	61
Step 4: charting the data.....	62
Step 5: collating, summarizing and reporting the results.....	63
Results.....	63
Descriptive numerical analysis	63
Risk of bias assessment for randomized control trials.....	66
Thematical analysis of findings	67
Discussion.....	74
Frequency effects	74
Dosage effects.....	75
Limitations	76
Research recommendations	76
Conclusion	77
References.....	78
Chapitre 4 – Article II - Learning spinal manipulation: objective and subjective assessment of performance.....	81
Résumé.....	82
Abstract.....	84
Introduction.....	85
Methods.....	87
Study Design.....	87
Participants.....	87

Experimental Procedures and Setting	88
Variables	89
Study Size	90
Statistical Method	90
Results.....	93
Correlation Analyses.....	93
Discussion.....	95
Practical Implications.....	96
Strengths and Limitations	96
Conclusion	97
References.....	99
Chapitre 5 – Article III - Factors associated with clinical responses to spinal manipulation in patients with non-specific thoracic back pain: a prospective cohort study.....	101
Résumé.....	102
Abstract.....	104
Introduction.....	106
Methods.....	108
Study design.....	108
Patients.....	109
Baseline evaluation	109
Intervention	109
Patient Characteristics.....	110
Candidate Prognostic Factors	110
Clinical outcome measures	111
Statistical analyses	114
Results.....	115
Sample characteristics.....	115
Biomechanical characteristics of SMT	117
Description of outcome variables	118
Candidate prognostic factors of pain responder status	120

Candidate prognostic factors of disability responder status	121
Candidate prognostic factors of GPC responder status.....	121
Descriptive results of patients' response profiles	123
SMS tracking and adverse events	126
Discussion.....	126
Biomechanical parameters of SMT	126
Comfort of SMT	127
Expectations of improvement	128
Other candidate prognostic factors	129
Limitations	130
Practical and clinical applications.....	131
Conclusion	131
References.....	133
Chapitre 6 – Discussion	138
Rappel des objectifs et synthèse des résultats des études	138
Dose et manipulation vertébrale	140
Facteurs contextuels et manipulation vertébrale.....	142
Prédicteurs de la réponse au traitement par manipulation vertébrale	146
Limites, considérations méthodologiques et recommandations	151
Conclusion	153
Bibliographie	155
Annexe I - Grilles d'évaluation clinicien, thérapeute et patient - (Étude 2).....	i
Annexe II – Échelle de dorso-lombalgie - (Étude 3)	ii
Annexe III - Échelles des attentes - (Étude 3).....	iii
Annexe IV – Échelle de confort et de changement global perçu - (Étude 3)	iv
Annexe V – Certificat éthique - (Étude 2)	v
Annexe VI – Certificat éthique - (Étude 3).....	vi
Annexe VII– Certificat éthique – Comité de Protection à la personne - (Étude 3)	vii

Annexe VIII - Supplementary file 1- (Étude 3)	x
Annexe IX - Supplementary file 2- (Étude 3)	xi
Annexe X – Supplementary file 3 - (Étude 3)	xii

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Amplitudes de mouvements considérées comme « normales » des différentes régions vertébrales	11
Tableau 1.2 Classification des recommandations de qualité haute, propres aux lombalgies et cervicalgies adaptée de Lin, Wiles et al. (2019).	27
Tableau 2.1 Grades de mobilisations de Maitland, adaptés de Maitland GD (2001).....	32
Tableau 2.2 Paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale manuelle par région rachidienne entre 2010 et 2021.....	36
Tableau 3.1 Cochrane risk of bias tool assessment of randomized control trials	67
Tableau 3.2 Summary of the SM dose-physiological response relationship in human studies. (N=Newton)	71
Tableau 3.3 Summary of the SM dose-physiological response relationship in animal studies.	73
Tableau 4.1 Participants' Characteristics.....	88
Tableau 4.2 Force-Sensing Table Data.	93
Tableau 4.3 Multiple regression analyses for SM parameters predicting perceived comfort of the procedure.....	94
Tableau 5.1. Baseline characteristics of the entire sample.	116
Tableau 5.2 Biomechanical parameters of spinal manipulation (n=106)	118
Tableau 5.3 Description of outcome measures.	119
Tableau 5.4 Improvement status.	120
Tableau 5.5 Univariate models of candidate prognostic factors associated with pain responder status at post intervention and follow-up (Odds Ratios, confidence intervals and p-values).	121
Tableau 5.6. Univariate models of candidate prognostic factors associated with GPC responder status at post intervention and follow-up (Odds Ratios, confidence intervals and p-values).	122

Liste des figures

Figure 1.1 Fardeau mondial des TMS représenté par causes de 1990 à 2017 (A) et par maladies non-transmissibles de 1990 à 2016 (B) et équation de classification du fardeau des TMS (C). 7
Figure 1.2 Schéma des différentes structures passives du rachis. (Non-représentés sur cette vue : ligaments inter-transversaires)..... 10
Figure 1.3 Changements dégénératifs de la pince vertébrale (vue de profil) selon Kushchayev, Glushko et al. (2018)..... 13
Figure 1.4 Classification des douleurs selon Bardin, King et al. (2017) (A) et World Health Organization (2021) (B)..... 17
Figure 2.1 Profil force-temps illustrant une manipulation vertébrale..... 34
Figure 2.2 Modèle représentant l'apprentissage de la manipulation vertébrale adapté de Descarreaux and Dugas (2010)..... 42
Figure 2.3 Exemple de relation dose-effet en pharmacocinétique et dans le contexte de la manipulation vertébrale. 53
Figure 3.1 Flowchart diagram..... 64
Figure 3.2 Number of included studies per peer-reviewed journal 66
Figure 4.1 illustrates the timeline and participants' specific roles throughout the experimental session..... 89
Figure 4.2 Correlation between perceived thrust duration and thrust duration data from the force-sensing table (FST). 92
Figure 5.1 Timeline of variables' measurement. 113
Figure 5.2 Flow diagram of included patients and data, at each measurement time point.... 117
Figure 5.3 Number and proportions of responders (Yes) and non-responders (No) at each time point for each outcome measures..... 124
Figure 5.4 Patients' response profiles and proportions..... 125
Figure 6.1 Schématisation des différents paramètres et mécanismes qui peuvent influencer les réponses cliniques. 150

Liste des sigles

AINS : Anti-inflammatoires non stéroïdiens

ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé

BMUS: Burden of Musculoskeletal Disease in US

CDC: Center of Disease Control

CGH: Cervicogenic Headache

CIAMS: Laboratoire Complexité, Innovation, Activités motrices et Sportives

CINAHL: Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature Manual, Alternative and Natural Therapy Index System

DALYs: Disability-Adjusted Life Years

EMG: Electromyograms

FST: Force Sensing Table

GBD: Global Burden of Disease

GPC: Global Perceived Change

HAS: Haute Autorité de Santé

HVLA: High Velocity Low Amplitude

IASP: International Association for the Study of Pain

ICL: Index of Chiropractic Literature

IFEC: Institut Franco- Européen de Chiropraxie

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

IRM : Imagerie par résonnance magnétique

LBP: Low Back Pain

LDS: Lumbar Decompression Surgery

LM: Light Massage

LSS: Lumbar Spinal Stenosis

MANTIS: Manual, Alternative and Natural Therapy Index System

MCID: Minimum Clinically Important Difference

MIC: Changement minimal clinique

MSA: Muscle Spindle Activity

MSD: Musculoskeletal Disorder

NICE: National Institute for Health and Care Excellence

NRS: Numeric Rating Scale

OMS : Organisation mondiale de la santé

OPTIMa: Ontario Protocol for Traffic Injury Management Collaboration

PNF: Facilitation proprioceptive neuromusculaire

QBPS: Quebec Back Pain Scale

RCT: Randomized Controlled Trial

SD: Standard Deviation

SM: Spinal Manipulation

SMT: Spinal Manipulative Therapy

STAI: State Trait Anxiety Inventory

STROBE: The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology

TMS: Troubles musculosquelettiques

TSK: Tampa Scale of Kinesophobia

UQTR: Université du Québec à Trois-Rivières

WFC: World Federation of Chiropractic

YLDs: Years Lived with Disability

YLLs: Years of Life Lost

À mon père

Remerciements

Premièrement, mes remerciements iront à mon directeur de thèse, Martin Descarreaux pour son encadrement au cours de la maîtrise et du doctorat. Merci pour le soutien et la disponibilité malgré la distance. Merci d'avoir pris le temps et d'avoir eu la patience de me mener au bout de la thèse. Et enfin, merci d'avoir canaliser mon scepticisme et d'avoir apprécier ma poésie.

Je remercie Arnaud Lardon, pour sa codirection et l'évolution de nos échanges tout au long de cette thèse.

Merci à Delphine, partenaire de choc dans cette épopée, et ce jusqu'à la dernière minute. Je te remercie pour ces quatre années à partager le même bureau ainsi que pour notre amitié, les échanges, les travaux quel qu'ils soient, et autres activités qui m'auront permis de souffler.

Merci à Nadège Lemeunier pour sa bienveillance et Charlène Cheron pour m'avoir mis le pied à l'étrier de la recherche.

Merci aux Québécois, Catherine, Jacques, Janny, Julie O', Isabelle, Mariève et tous ceux du labo 3604, pour leur accueil chaleureux, leur soutien et leurs initiations à la vie québécoise.

Je souhaite remercier ma famille qui a toujours été présente malgré les kilomètres. Merci à ma mère pour son soutien sans faille, son calme et sa présence. Merci à mes sœurs, Julie et Sophie mais aussi toute la colonie, Jean-Pierre, Rui, Stéphane, Ana, Diogo, Emmy, Enzo, Jade et Rose.

Je remercie également ma deuxième famille, québécoise, sans qui l'aventure n'aurait pas eu la même saveur. Merci à Sébastien, pour les dimanches matin et un merci très particulier à Andrée-Anne. Merci pour ton soutien, ton accompagnement, ta rigueur et ton sérieux. Tu es pour moi un exemple qui me motive à poursuivre.

Je remercie toute la pampa d'ici et là pour avoir rendu la vie toulousaine, mais aussi bourguignonne, douce et gourmande.

Merci à Claude Dugas pour les échanges et la collaboration sur la seconde étude. Merci à Justin pour la découverte d’Odense ainsi que notre collaboration sur la troisième étude et son aide très précieuse pour les statistiques.

Je remercie mes collègues chercheurs pour nos échanges et particulièrement Gaëtan Barbier, pour nos collaborations et nos sorties extra-scolaires. Je souhaite remercier les étudiants de l’Institut Franco-Européen de Chiropraxie. Je remercie aussi les cliniciens et particulièrement Martine, pour son aide précieuse mais aussi les patients pour leur participation aux différents projets.

Enfin, je remercie la direction de l’Institut Franco-Européen de Chiropraxie pour son soutien financier au cours de ces quatre dernières années ainsi que la Fondation Chiropratique du Québec.

Introduction

Les troubles musculosquelettiques se distinguent comme l'une des grandes familles d'affections dites « non fatales » (World Health Organization 2021). Ils sont définis par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme des affections de l'appareil locomoteur touchant à la fois les os, les muscles, les tendons, les ligaments et regroupant un ensemble de diagnostics. Ces troubles représentent l'une des premières causes d'incapacité observables dans le monde entier et sont devenus un véritable enjeu de santé publique (World Health Organization 2021). En effet, depuis plusieurs décennies, la prévalence des troubles musculosquelettiques prend de l'ampleur. Ce phénomène peut s'expliquer d'une part par l'espérance de vie croissante induisant une population vieillissante et d'autre part par le fait que ces troubles peuvent survenir tout au long de l'existence d'un individu (Dicker, NGuyen et al. 2018). La grande variété de troubles musculosquelettiques (TMS) ne permet pas d'estimer avec précision la prévalence globale ainsi que les coûts associés à ces derniers mais selon l'étude du Global Burden of Diseases Study (GBD), publiée en 2016, les lombalgies ainsi que les cervicalgies sont recensées parmi les cinq principaux troubles en termes d'années vécues avec une incapacité, et les dépenses associées à ces conditions augmenteraient chaque année (Vos, Abajobir et al. 2017). De plus, les années de vie vécues avec une incapacité (Years lived with disability – YLDs) associées à la lombalgie notamment, continuent de croître chaque décennie, avec une augmentation d'environ 30 millions d'YLDs de plus, estimée entre 1990 et 2016 (Wu, March et al. 2020).

Afin de mieux prendre en charge ces troubles, plusieurs guides de bonnes pratiques cliniques portant sur la prise en charge des douleurs d'origine musculosquelettique ont été publiés au cours de la dernière décennie (Chou, Huffman et al. 2007, Lin, Wiles et al. 2019). Ces guides exposent l'éventail thérapeutique disponible et permettent, sur la base de données scientifiques mises à jour régulièrement, de proposer une prise en charge clinique de ces affections, pertinente et fondée sur les données probantes, afin d'orienter les cliniciens et leurs patients dans la prise d'une décision partagée. Bien que la plupart de ces guides de bonnes pratiques cliniques récents soit basée sur des preuves scientifiques de niveau faible à modéré, la grande majorité d'entre eux suggère que les traitements conservateurs, y compris les thérapies

manuelles, sont une des options efficaces pour traiter les douleurs rachidiennes non spécifiques aigues, subaiguës et chroniques.

Parmi l'éventail de traitements conservateurs offerts, la chiropratique, thérapie manuelle de première intention, permet la prise en charge des pathologies et conditions musculosquelettiques ainsi que leurs conséquences.

Au cours d'une prise en charge, le chiropraticien utilise comme outil principal, la manipulation vertébrale (Beliveau, Wong et al. 2017). De fait, la manipulation vertébrale occupe une place importante dans l'enseignement chiropratique avec un nombre conséquent d'heures dédiées à l'acquisition des aspects techniques mais aussi aux conditions d'application de la manipulation vertébrale en milieu clinique auprès de patients symptomatiques, souffrant notamment de douleurs rachidiennes (World Health Organization 2005). Cette technique a fait l'objet de nombreuses études abordant à la fois les aspects pédagogiques et thérapeutiques. Des études dédiées à l'apprentissage et au contrôle moteur associés à la manipulation vertébrale ont permis le développement d'outils capables de donner du feedback (rétroaction) aux étudiants, de quantifier la manipulation, de modifier les méthodes d'enseignement et d'améliorer les conditions d'exécution de celle-ci (Stansby, Clarke et al. 2016). Plus spécifiquement, la manipulation vertébrale consiste à appliquer une force de haute vitesse et de faible amplitude directement ou indirectement sur une articulation, dans le but de redonner de la mobilité aux segments ciblés. Cette force, ainsi que plusieurs autres paramètres biomécaniques, caractérisent la manipulation vertébrale et ils varient, comme le montre plusieurs études, au fur à mesure que le thérapeute acquiert de l'expérience mais aussi d'un thérapeute à l'autre (Descarreaux, Dugas et al. 2006, Descarreaux and Dugas 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012, Marchand, Mendoza et al. 2017, Pasquier, Cheron et al. 2017). Malgré l'intérêt clinique porté à la manipulation vertébrale ces dernières années (Rubinstein, de Zoete et al. 2019), il demeure plusieurs zones d'ombres quant à la nature des mécanismes qui sous-tendent les effets cliniques de cette thérapie.

Enfin, il est important de souligner que les chiropraticiens adaptent leur prise en charge en fonction de la symptomatologie de leurs patients. Il n'existe cependant pas de recommandations spécifiques concernant le nombre adéquat de séances de manipulations vertébrales à prodiguer en fonction de la condition de santé du patient, de sa symptomatologie, et de sa réponse au traitement. À ce jour, il n'existe pas de recommandation claire concernant

les forces à appliquer lors d'un traitement par manipulation vertébrale. Il est par conséquent impossible à l'heure actuelle d'établir une quelconque relation entre la fréquence, le dosage et les réponses cliniques observées à la suite d'un traitement par manipulations vertébrales.

Cette thèse, composée de cinq chapitres, a pour intérêt principal d'améliorer les connaissances au sujet de la manipulation vertébrale en s'intéressant plus particulièrement aux concepts de dosage et de fréquence du traitement. L'objectif principal de la thèse est de déterminer les réponses physiologiques et cliniques observées à la suite des traitements par manipulations vertébrales et plus particulièrement de déterminer s'il existe une relation entre la fréquence et le dosage d'une part et les réponses cliniques d'autre part.

Le premier chapitre de la thèse brosse un portrait épidémiologique des troubles musculosquelettiques et de leurs prises en charge afin de mettre en contexte le travail réalisé durant cette thèse. Le deuxième chapitre de la thèse présente la manipulation vertébrale, de sa définition aux mécanismes d'action potentiels de cette dernière. Ensuite, ce second chapitre présente les caractéristiques typiques d'un traitement par manipulation vertébrale en contextualisant les principes de fréquence et de dosage à la manipulation vertébrale. Enfin, il présente les différents axes de recherche de cette thèse en détaillant les objectifs, ainsi que les hypothèses des trois projets de recherche qui composent cette thèse. Le troisième chapitre, présente le premier article de cette thèse, publié dans *Chiropractic and Manual Therapies* en mai 2019. Ce chapitre permet de faire l'état des connaissances sur l'effet de la fréquence ainsi que du dosage sur les réponses cliniques et physiologiques observées à la suite d'un traitement par manipulation vertébrale. Le second article de cette thèse, publié en avril 2020, dans *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, présente les résultats d'une étude qui s'intéresse à l'évaluation des paramètres biomécaniques, objectifs et subjectifs, de la manipulation vertébrale. Il également permis d'explorer la relation possible entre le confort et les paramètres biomécaniques dont les résultats sont présentés dans le quatrième chapitre. Enfin, le cinquième chapitre présente les résultats d'une étude cohorte, acceptée pour publication dans *Frontiers in Pain Research*, en novembre 2021. Cette étude avait pour objectifs : 1) d'identifier les variables associées aux réponses positives au traitement, 2) d'identifier une dose « optimale » associées aux réponses au traitement et 3) d'identifier des « profils de patients » répondant favorablement au traitement par manipulation vertébrale.

Chapitre 1 – Les troubles musculosquelettiques

Un état de santé optimal est essentiel aux individus pour leur permettre de maintenir leurs capacités à participer aux activités quotidiennes, à travailler mais aussi à conserver une indépendance fonctionnelle, économique et sociale. Or, depuis plusieurs années, avec la modernisation de nos environnements, de nombreuses sociétés ont vu croître les comportements sédentaires ainsi que l'inactivité physique. De manière parallèle, à mesure que ces sociétés ont évolué, l'espérance de vie des individus n'a cessé d'augmenter (Katzmarzyk and Lee 2012, Dicker, NGuyen et al. 2018). Bien que l'on puisse assumer qu'une augmentation de la longévité rime avec prolongation d'une meilleure santé, les rapports en ce sens semblent moins encourageants (Briggs, Cross et al. 2016, Briggs, Woolf et al. 2018). En effet, il semble que le vieillissement de la population associé aux comportements sédentaires entraînent le développement de nombreuses affections chroniques pouvant générer, par exemple, douleurs et incapacité. Au-delà de ce premier constat, les risques liés au travail et bien d'autres causes, parfois même méconnues, semblent contribuer à l'apparition de ces affections chroniques dites non transmissibles. Parmi ces dernières, citons par exemple, les maladies cardiovasculaires, le cancer, les problèmes de santé mentale, l'obésité, mais aussi les troubles musculosquelettiques (Vos, Abajobir et al. 2017, World Health Organization 2021).

1.1 Les troubles musculosquelettiques

1.1.1 Définition

Les TMS sont définis par l'OMS comme l'ensemble des affections de l'appareil locomoteur dites « non fatales » touchant à la fois les os, les muscles, les tendons, les ligaments et regroupant un ensemble de diagnostics (World Health Organization 2021). Les TMS sont souvent décrits comme générant de la douleur (persistante ou non), accompagnée d'une diminution de la capacité fonctionnelle, de la capacité de travailler et du fonctionnement global d'un individu tel qu'un déclin de la santé mentale (World Health Organization 2021). Les conséquences des TMS

augmenteraient le risque de développer d'autres affections chroniques ainsi que le risque de mortalité, toutes causes confondues.

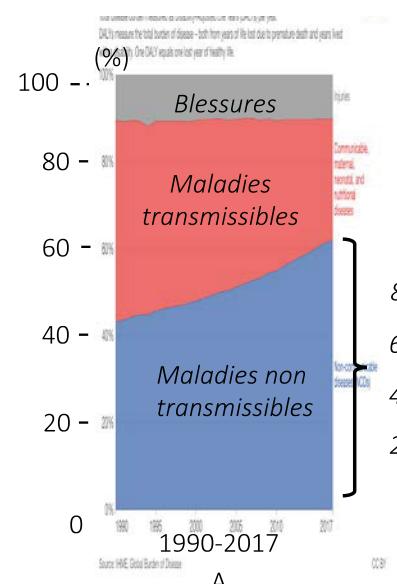
Les TMS ne sont pas toujours objectivés par une lésion structurelle, et ne sont pas spécifiques à une structure anatomique. Ils peuvent léser un ou plusieurs éléments structurels entraînant blessures et/ou maladies dont les conséquences sont variables. Ainsi la difficulté à identifier avec précision les origines des TMS expliquerait leurs grandes variétés, et limiterait notre capacité à estimer avec précision leur prévalence globale. À ce jour, selon l'OMS, il existerait plus de 150 diagnostics, principalement chroniques ou récurrents et dits non fatals affectant le système locomoteur (Briggs, Woolf et al. 2018, World Health Organization 2021). Parmi ces diagnostics, on retrouve en tête de classement des conditions les plus incapacitantes l'arthrose, la polyarthrite rhumatoïde, le rhumatisme psoriasique, la goutte, les lombalgies et l'ostéoporose (Vos, Abajobir et al. 2017). Bien qu'il semble que la survenue des TMS augmente avec l'âge, les affections musculosquelettiques comme les lombalgies, cervicalgies ou les arthrites sont recensées à tous les âges, de l'enfance à la sénescence, ne négligeant aucune période de la vie (Hartvigsen, Christensen et al. 2003, Hoy, Bain et al. 2012, Kamper, Henschke et al. 2016). Par exemple, en 2018, aux États-Unis, les TMS ont affecté environ 36,3% des 18-44 ans, 58,5% des 45-64 ans, 68,2% des 65-74 ans et jusqu'à 69,4% des plus de 75 ans (Vos, Abajobir et al. 2017, BMUS 2018).

1.1.2 Prévalence

Un rapport publié dans le Lancet en 2017 présente l'étude observationnelle de la prévalence, de l'incidence et de la mortalité d'une série de maladies, la plus complète à ce jour et ce, à l'échelle mondiale. Ce rapport décrit l'incapacité, ainsi que la morbidité dues aux principales maladies, blessures ainsi que les facteurs de risque pour la santé, rencontrés au niveau mondial, national et même régional (Vos, Abajobir et al. 2017). Grâce à la même base de données, une description spécifique du fardeau généré mondialement par les TMS est présentée par l'entremise d'un second rapport publié en 2019 (Sebbag, Felten et al. 2019). Ainsi, l'observation des tendances de 1990 à nos jours et l'établissement de comparaisons entre les populations permettent de comprendre les enjeux de santé publique générés par les TMS auxquels semblent être confrontées les différentes sociétés et leurs systèmes de soins à travers le monde entier.

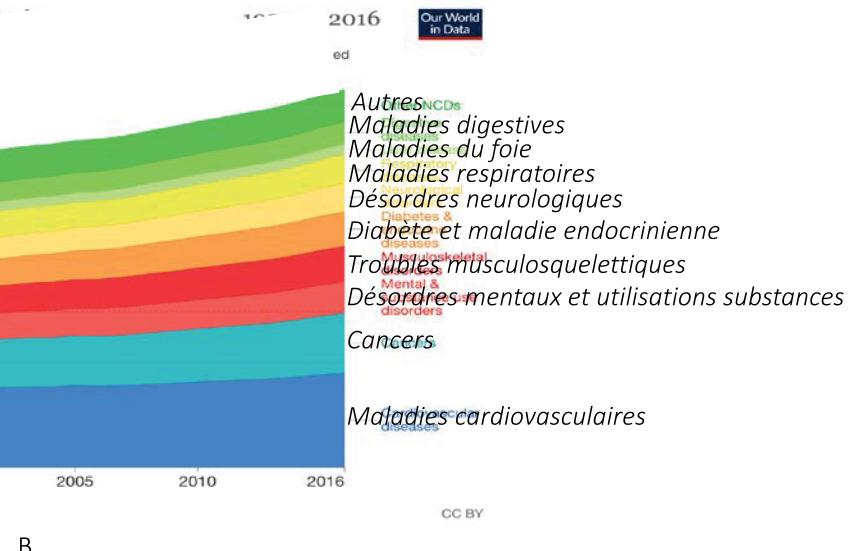
Le Global Burden of Diseases Study (GBD) classe donc les TMS selon les années vécues avec une incapacité (*Years Lived with disability-YLDs*) d'une part, et selon les années de vie ajustées à l'incapacité (*Disability-Adjusted Live Years-DALYs*) d'autre part, en fournissant une estimation de la quantité de décès et d'invalidité causée par chaque maladie. L'ensemble est schématisé par la figure 1.1. Ainsi, parmi les maladies non transmissibles, les TMS représentent la seconde cause d'invalidité dans le monde en 2019, représentant environ 17 % des années vécues avec une incapacité (YLDs). Les années de vie ajustées à l'incapacité (DALYs) associées aux TMS, quant à elles, ont augmenté de 61,6% entre 1990 et 2016. Les TMS sont donc considérés, au 21ème siècle, comme la neuvième cause en termes de DALYs les plus élevées pour les individus, les systèmes de santé ainsi que les services sociaux. Le rapport spécifique au fardeau des TMS montre, quant à lui, que les prévalences des lombalgies et des cervicalgies continuent de croître chaque décennie, se plaçant respectivement au premier et au second rang des conditions générant le plus d'années vécues avec une incapacité, avec une augmentation estimée à environ 30 millions de personnes affectées entre 1990 et 2016. De plus, les coûts associés augmenteraient chaque année et ce constat n'épargnerait pas les pays à bas et moyens revenus. Par exemple, de fortes augmentations de l'incapacité causée par les lombalgies ont été relevées dans des pays à revenus faibles ou intermédiaires, notamment en Afrique, en Asie ou encore au Moyen-Orient (Hoy, Smith et al. 2015).

Il est important de souligner que les estimations chiffrées présentées dans le rapport GBD sous-estiment probablement le véritable fardeau des affections musculosquelettiques, car différents éléments ne sont pas pris en compte. En effet, les conséquences financières directes et indirectes ne sont pas rapportées et bien que le recensement des TMS ait augmenté dans les pays en développement au cours des dernières années, il existe encore des lacunes importantes dans notre compréhension de la prévalence des TMS dans le monde.



Disease burden from non-communicable diseases
Total disease burden from NCDs
Years) per capita

Source: IHME, Global Burden of Disease



Années de vie perdues
par mortalité prématuée
(YLLs)

C

Figure 1.1 Fardeau mondial des TMS représenté par causes de 1990 à 2017 (A)
et par maladies non-transmissibles de 1990 à 2016 (B) et équation de classification du fardeau des TMS (C).

(A et B)- Mesuré par DALYs par année (1 DALY = 1 année de vie saine perdue) - Adaptée de Roser and Ritchie (2016) – (C)-
Adaptée de Vos, Abajobir et al. (2017)

1.1.3 Portrait économique

Au-delà de l'estimation de la prévalence, les coûts directs ou indirects associés aux TMS restent difficiles à évaluer (Dagenais, Caro et al. 2008). Le poids financier engendré par ces troubles est donc ressenti à la fois par les individus mais aussi par les sociétés. Selon Dieleman et al., les dépenses de santé associées aux TMS en 2016 aux États-Unis, sont estimées à 380,9 billions de dollars. Ce chiffre, qui peut paraître démesuré, englobe les dépenses des agences publiques mais aussi privées ainsi que les dépenses personnelles. Une fois de plus, parmi l'ensemble des affections évaluées dans le cadre de cette enquête, les lombalgies sont classées au premier rang des conditions engendrant le plus de dépenses de santé aux États-Unis, suivi par les autres TMS, et en troisième position, par le diabète (Dieleman, Cao et al. 2020).

Les lombalgies sont donc, à elles seules, classées comme la première cause d'invalidité dans 14 des 21 régions du monde (Vos, Abajobir et al. 2017). Depuis 25 ans, l'incapacité générée par ces lombalgies aurait augmenté de plus de 50%, illustrant une évolution croissante et inquiétante, cela malgré l'attention grandissante portée à la lombalgie et les efforts des systèmes de soins. Ces incapacités impactent le milieu du travail en générant de l'absentéisme. En Europe et aux États-Unis, la lombalgie serait considérée comme la cause la plus courante de congé de maladie médicalement certifié ayant souvent pour conséquence d'entrainer un retrait de la société qui affecte ainsi l'univers social et économique des individus concernés.

De plus, la gestion ainsi que la prise en charge de ces troubles aux origines diverses sont d'autant plus difficiles à évaluer qu'ils sont généralement associés au concept de multi-morbidités. En effet, les individus atteints de TMS semblent présenter une comorbidité affectant d'autres organes, ou des douleurs dans plusieurs régions corporelles. Bien souvent les effets combinés seraient plus graves que le TMS en lui-même (Hartvigsen, Natvig et al. 2013, Duffield, Ellis et al. 2017). Par exemple, la lombalgie ou l'arthrite provoquent des douleurs couplées à une réduction de la capacité fonctionnelle ayant un impact dans les activités de la vie quotidienne pouvant ainsi générer des troubles psychologiques tels qu'un état dépressif. Ces symptômes se répercutent sur différents aspects de la vie : familial, professionnel et social. Il est de plus en plus fréquent d'observer des individus vivant avec deux ou plusieurs affections de longue durée. Cette multi-morbidité génère donc une réduction de la qualité de vie et augmente la mortalité.

De plus, ces individus souffrant de multi-morbidité dépendent davantage des services de santé et de soins. En effet, la gestion de troubles multiples nécessite une surveillance des symptômes plus accrue, mais aussi la gestion des médicaments, la coordination des soins entre les différents acteurs de santé. La gravité des symptômes peut donc rendre difficile la coordination des différents besoins et compromettre la capacité des individus atteints à faire face à leurs problèmes de santé de manière autonome, entraînant une détérioration, parfois précoce, de leur santé générant alors des conséquences sur leur vie sociale et professionnelle (Duffield, Ellis et al. 2017).

La section suivante présente les caractéristiques du rachis afin de mettre l'emphasis sur les connaissances qui englobent les douleurs rachidiennes.

1.2 Les troubles musculosquelettiques du rachis

1.2.1 Description anatomique du rachis

Le rachis, ou colonne vertébrale, constitue l'élément central du tronc et forme une structure multi-articulaire qui se divise en trois régions distinctes : cervicale, thoracique et lombaire (ou lombo-sacrée). Il se caractérise par un empilement d'éléments osseux, les vertèbres : 7 au niveau cervical, 12 au niveau thoracique, 5 au niveau lombaire, se terminant par le sacrum et le coccyx. Les vertèbres présentent, pour chacune des régions rachidiennes, des variations structurelles, permettant leurs distinctions anatomiques mais aussi biomécaniques et fonctionnelles. De manière générale, à l'exception des premières vertèbres cervicales (C1 et C2), les vertèbres présentent toutes un corps vertébral, deux processus transverses, ainsi qu'un processus épineux. Elles s'articulent entre-elles grâce aux articulations inter-apophysaires et à la présence d'un disque intervertébral. De plus, elles sont maintenues par des ligaments rachidiens, structures passives, constituant ainsi un ensemble appelé « unité fonctionnelle vertébrale ». La nomenclature des ligaments peut varier en fonction de la zone rachidienne. De manière générale, il est possible de distinguer cinq grands types de ligament, représentés sur la *figure 1.2*. On distingue le ligament longitudinal antérieur et postérieur (entre deux corps vertébraux), les ligaments jaunes (entre deux lames), les ligaments inter-épineux (entre deux

processus épineux), les ligaments supra-épineux (longeant les processus épineux) et enfin les ligaments inter-transversaires (entre deux processus transverses). Entre 2 vertèbres, le disque intervertébral se compose d'un noyau pulpeux, aux propriétés hydrophiles, inextensible maintenant une pression constante. Il est encastré dans un anneau fibreux, lui permettant de s'adapter aux mouvements du rachis. Sa configuration lui donne des qualités d'amortisseur, capable d'absorber et répartir les charges imposées au rachis (Bogduk 1976, Kapandji 2007). Environ 70% de la compression axiale appliquée est transmise par les corps vertébraux et les disques intervertébraux, les 30% restants de la charge étant répartis au travers des articulations inter-apophysaires (*Figure 1.3*). Le disque offre, de plus, un rôle de protection aux éléments du système nerveux (Kushchayev, Glushko et al. 2018).

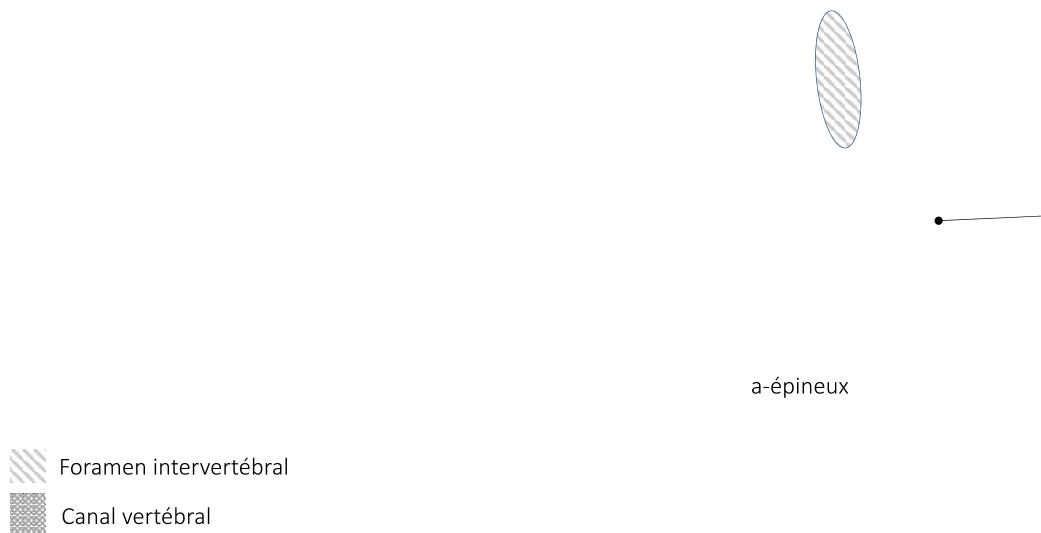


Figure 1.2 Schéma des différentes structures passives du rachis.
(Non-représentés sur cette vue : ligaments inter-transversaires).

L'empilement des vertèbres définit, latéralement, les foramen intervertébraux et centralement, le canal vertébral (*Figure 1.2*). Plus spécifiquement, les vertèbres cervicales supérieures (C1 et C2) ont une conformation permettant les différents mouvements de la tête. Les vertèbres cervicales inférieures (C3 à C7) se distinguent notamment par la présence d'articulations unciformes facilitant les mouvements de flexion-extension, mais aussi

d'infexion cervicales. Les vertèbres thoraciques, quant à elles, présentent des facettes articulaires destinées aux côtes qui limitent les amplitudes de cette région. Enfin, les vertèbres lombaires présentent un corps plus volumineux. D'une manière générale, les facettes articulaires supérieures cervicales et thoraciques sont orientées supéro-postérieurement tandis qu'en lombaire, elles sont orientées postéro-médalement. Ainsi, ces variations anatomiques influencent les mobilités au niveau des différentes régions de la colonne vertébrale dont les différents degrés d'amplitude sont présentés dans le tableau 1.1 (Kapandji 2007). Enfin, le canal central dessiné par l'empilement des vertèbres permet le passage de la moelle épinière, du bulbe rachidien aux racines de la queue de cheval. Les foramens intervertébraux, quant à eux, abritent les racines nerveuses destinées à la motricité du corps (*Figure 1.2*).

Tableau 1.1 Amplitudes de mouvements considérées comme « normales » des différentes régions vertébrales.

Adapté de Anatomie fonctionnelle – Tête et Rachis, (Kapandji 2007) (Mesure d'un mouvement unilatéral, en degrés).

	Cervicale	Thoracique	Lombaire
Flexion	0-60	0-50	0-60
Extension	0-75	0-45	0-25
Flexion latérale	0-45	0-40	0-25
Rotation	0-80	0-30	0-18

L'ensemble de ces structures, associés aux muscles, confèrent au rachis à la fois une mobilité, lui permettant de s'adapter aux différents mouvements et contraintes subis, mais aussi un caractère rigide, de soutien, lui permettant de s'adapter aux contraintes dues au poids du corps et aux forces externes qui agissent sur le rachis. Bien que les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas de bien comprendre comment les structures anatomiques et leurs fonctions guident les cliniciens dans l'exécution de la thérapie manuelle, elles représentent certainement des facteurs qui influencent le dosage de la thérapie.

1.2.2 Douleur et dégénérescence du rachis

Les structures vertébrales citées précédemment sont soumises à la dégénérescence naturelle, liée à l'âge. Cette dégénérescence peut également être la conséquence de pathologies, de sur-sollicitations mécaniques (compressions, tensions et mouvements), de défauts métaboliques du cartilage, d'un défaut de transmission de médiateurs inflammatoires synoviaux au sein du cartilage. Les causes traumatiques peuvent également expliquer cette altération des structures vertébrales. La dégénérescence cible les articulations soumises à la gravité et aux contraintes mécaniques. Par leurs grandes possibilités de mouvement, les articulations du rachis cervical et lombaire sont particulièrement touchées. Le rachis thoracique, quant à lui, présente naturellement de faibles amplitudes de mouvements, limitées par la présence de la cage thoracique, diminuant ainsi sa sollicitation articulaire (Kapandji 2007).

Le vieillissement se caractérise par des changements dégénératifs, morphologiques et graduels, qui sont observables principalement au niveau radiologique (Kushchayev, Glushko et al. 2018). De ce fait, au niveau osseux, des excroissances osseuses sont observables au niveau des corps vertébraux, autrement appelées ostéophytes ou syndesmophytes. Il en est de même pour les articulations inter-apophysaires qui s'hypertrophient et perdent leurs congruences. Les plateaux vertébraux, composés d'une fine couche de cartilage, deviennent irréguliers et perdent leurs propriétés, n'assurant plus de manière optimale la nutrition des disques intervertébraux (*Figure 1.3*).

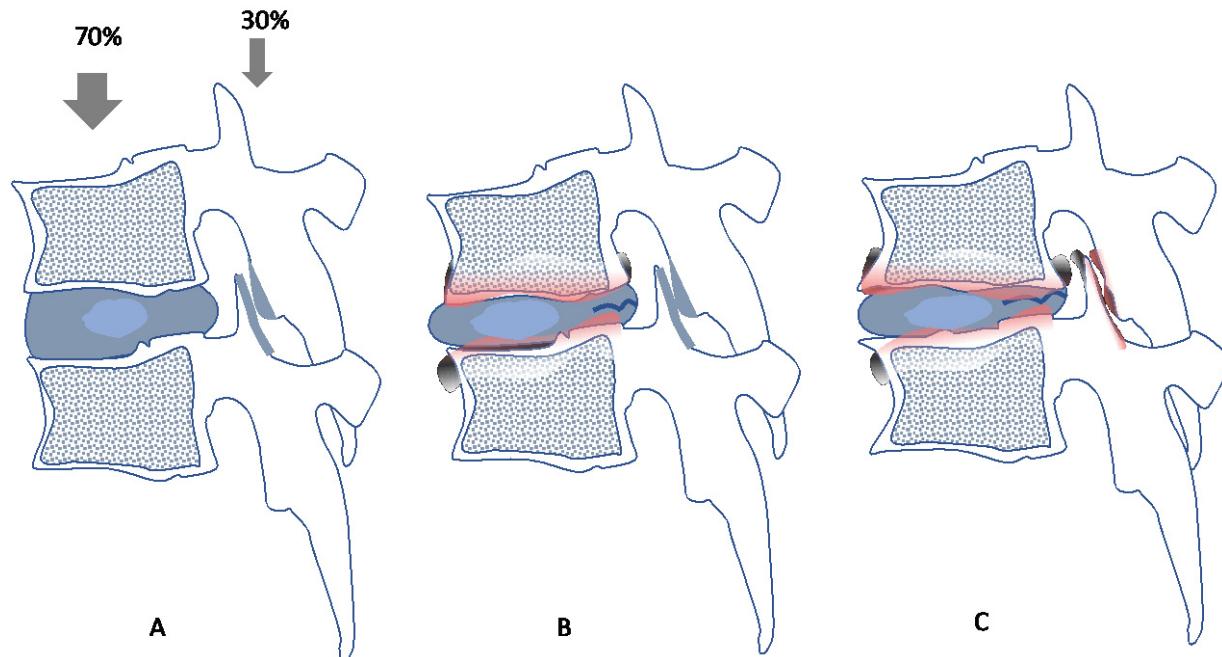


Figure 1.3 Changements dégénératifs de la pince vertébrale (vue de profil) selon Kushchayev, Glushko et al. (2018)

(A) Altération des propriétés du noyau pulpeux, (B) Dégénérescence des plateaux vertébraux, altération des propriétés de l'anneau fibreux, altération de la moelle épinière et (C) Progression de la dégénérescence aux structures distantes dont les articulations apophysaires, hypertrophie du ligament jaune (non représentée) et sténose du canal rachidien (non représentée).

D'autres changements, au niveau de la moelle osseuse sous chondrale et des plateaux vertébraux lombaires sont observables grâce à l'imagerie par résonnance magnétique (IRM). L'aspect de ces deux structures est classé selon trois grades « modic » : inflammatoire, graisseux et scléreux, témoins de la dégénérescence. Les capsules articulaires ainsi que les différents ligaments s'épaissent ou perdent leur capacité de maintien favorisant l'instabilité articulaire.

Le vieillissement des disques intervertébraux, quant à lui, peut être assimilé à celui d'autres tissus composés de collagènes. Avec l'âge, les disques intervertébraux perdent leur propriété d'amortisseur hydrophile, en devenant plus fibreux, plus rigides, entraînant une diminution de leur hauteur. Le stade ultime d'hernie peut être atteint lorsque des fissures de l'anneau fibreux apparaissent, laissant le nucleus s'infiltrer dans la fissure, ce phénomène responsable de possibles conflits disco-radiculaires. Les structures radiculaires ou médullaires

peuvent être comprimées suite à l'ensemble des changements cités précédemment (Kushchayev, Glushko et al. 2018). La dégénérescence articulaire semble aussi guider le choix de l'intervention des cliniciens en thérapies manuelles.

La majorité des structures vertébrales, précédemment citées, sont richement innervées. Lorsqu'elles sont altérées, ces structures peuvent générer de la douleur parfois à l'origine des douleurs rachidiennes. En 1995, Schwarzer et al. décrivaient la douleur rachidienne non spécifique comme une douleur d'origine discale, conséquence d'une perturbation interne du disque intervertébral et d'altérations des plateaux vertébraux (Schwarzer, Aprill et al. 1994). Malgré les immenses avancées en imagerie médicale, il reste difficile de différencier les anomalies pathologiques douloureuses des simples modifications dues au vieillissement (Adams 2004) et de toujours les corrélérer à la clinique. Bien que certains résultats cliniques et d'imageries augmentent la probabilité que la douleur soit d'origine discale, aucune étude ne démontre avec précision ce postulat (Hancock, Maher et al. 2007). D'autre part, il n'existe aucune corrélation entre l'arthrose facettaire (observée radiologiquement) et la présence de lombalgie (Kalichman, Li et al. 2008). D'autres théories en lien avec le caractère inflammatoire observé lors des changements « modic » ont été étudiées mais ces changements « modic » ne semblent pas être associés à la douleur (Dudli, Fields et al. 2016). Vardeh et al. proposent un modèle illustrant les pathologies associées à une certaine région anatomique et le type de douleurs générées dans le cadre des lombalgies chroniques (Vardeh, Mannion et al. 2016). Plus récemment, Ota et al. ont proposé de classifier les douleurs rachidiennes en mécanismes macroscopiques et microscopiques permettant de décrire la relation entre les résultats d'imagerie et les mécanismes biochimiques sous-jacents à la douleur (Ota, Connolly et al. 2020). Malgré ces différents modèles, la physiopathologie des douleurs rachidiennes reste complexe et mal comprise. Selon Perterson et Laslett, les différences entre les régions rachidiennes sont mineures et l'origine douloureuse semble présenter de multiples facettes pouvant être liées, à la fois à des aspects chimiques (inflammation), mécaniques (processus dégénératifs), fonctionnels (coordination motrice perturbée, incapacité) mais aussi psychologiques (catastrophisme, kinésiophobie) (Petersen, Laslett et al. 2017).

Dans le cadre de cette thèse, une analogie entre les douleurs rachidiennes, cervicales, thoraciques et lombaires sera effectuée puisque le modèle expérimental choisi pour les études

repose sur le rachis thoracique, une région moins explorée et pour laquelle la collecte de données expérimentales de dosage est plus facilement réalisable.

1.2.3 Portrait clinique des douleurs rachidiennes

1.2.3.1 Classification des douleurs rachidiennes

1.2.3.1.1 Le type

La difficulté d'identifier l'étiologie de la douleur rachidienne ne permet parfois pas de poser un diagnostic précis. L'identification de la zone anatomique atteinte, des drapeaux rouges potentiels (propres aux pathologies rachidiennes) et du patron inflammatoire ou non des douleurs rachidiennes se fait par l'entremise de l'anamnèse qui permet d'orienter la prise en charge du patient.

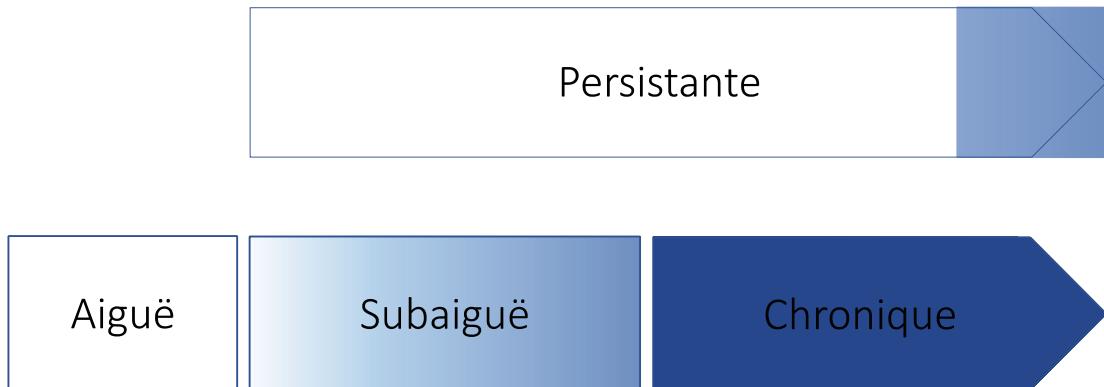
Communément, les douleurs rachidiennes peuvent se diviser en deux types principaux. D'une part, la douleur dite spécifique, ou symptomatique, est générée par une cause sous-jacente connue, qui peut être d'origine infectieuse, inflammatoire, néoplasique ou encore traumatique. D'autre part, les douleurs non spécifiques, ou dites communes, sont générées par des atteintes mécaniques. Considérant le cas de la lombalgie, Bardin et al. proposent de les classer en trois catégories : 1) lombalgies spécifiques liées à une pathologie vertébrale (< 1%), 2) lombalgies liées à un syndrome radiculaire (compression radiculaire, sténose lombaire) (5 à 10%), et 3) lombalgies non spécifiques. Ces dernières représenteraient, entre 90 et 95 % des lombalgies diagnostiquées chez les individus par exclusion des 1) et 2) citées précédemment. De plus, ces mêmes auteurs proposent d'affiner ce diagnostic en fonction de la durée d'évolution (aigue ou persistante) de la lombalgie, pour orienter au mieux le patient dans sa prise en charge (Bardin, King et al. 2017).

1.2.3.1.2 La durée

Selon l'OMS, les douleurs rachidiennes sont classées en fonction de leurs durées d'évolution en semaines ce qui permet alors d'adapter la prise en charge du patient présentant une douleur musculosquelettique (World Health Organization 2021). Usuellement, une douleur dite « aiguë », se manifeste sur une durée variable allant de 0 à 6 semaines, tandis qu'une douleur

« subaiguë » dure entre 6 et 12 semaines. Enfin, au-delà de 12 semaines, les douleurs seront dites « chroniques ». Le passage à la chronicité des douleurs rachidiennes et leur caractère récurrent soulignent l'importance d'affiner certaines notions. Ainsi, une douleur peut aussi être caractérisée de « récurrente » ou « persistante » lorsque le patient présente « une douleur au-delà de ce qui est habituel pour la cause initiale présumée » (IASP). La définition de douleur « récurrente » a évolué avec les années. En 2002, De Vet et al. proposait la définition suivante : « tout épisode douloureux d'au moins 24 heures, suivi d'un épisode sans douleur d'au moins 1 mois » (de Vet, Heymans et al. 2002). En 2010, Stanton et al., par l'entremise d'une revue systématique proposait : « tout épisode douloureux durant plus de 24 heures et séparé de période sans douleur d'au moins 1 mois » (Stanton, Latimer et al. 2010). Dans le cadre de cette revue systématique, les auteurs ont proposé à la suite d'un consensus d'expert, la définition suivante de douleur récurrente : « tout épisode douloureux survenu au moins 2 fois dans l'année qui précède, dont les épisodes durent au moins 24 heures, avec une intensité douloureuse >2 sur une échelle numérique » (Stanton, Latimer et al. 2011). Enfin, Bardin et al. ont défini la douleur « récurrente » comme un épisode dont la durée est « inférieur et/ou égal à six semaines » (Bardin, King et al. 2017). Ces classifications sont présentées dans la figure 1.4.

Très récemment, une nouvelle classification a été proposée incluant une évaluation du risque pronostique visant à diriger au mieux le patient dans son parcours de soins en quantifiant ainsi l'impact psychosocial sur les scores perçus de douleur, d'incapacité mais aussi de détresse. L'ensemble des interventions cliniques sont ensuite adaptées au patient, cela en fonction de la catégorie de risque. Par exemple, une catégorie de risque faible indique un pronostic très favorable (Hill, Dunn et al. 2008).



1.2.3.1.3 La localisation

La douleur est souvent le motif principal de consultation d'un patient. Elle peut être très localisée ou plus diffuse. On distingue donc trois types principaux de douleurs rachidiennes en regard du territoire touché, définis par l'« International Classification of Diseases 11th edition » (Merskey H. 1994). Ainsi l'on peut distinguer :

1) Les cervicalgies sont des douleurs et/ou inconforts compris entre la ligne occipitale (limite supérieure) et une ligne transverse passant par la pointe du processus épineux de la première vertèbre thoracique (limite inférieure). Elles regroupent l'ensemble des douleurs de la région cervicale avec ou sans irradiation à la tête, au tronc et/ou aux membres supérieurs (Haldeman, Carroll et al. 2008).

2) Les dorsalgies sont des douleurs et/ou inconforts perçus dans une région délimitée supérieurement par une ligne transversale passant en dessous de l'apophyse épineuse de T1, inférieurement par une ligne transversale passant par la pointe de l'apophyse épineuse de T12, et latéralement par des lignes verticales tangentes aux marges les plus latérales des muscles érecteurs spinaux (Merskey H. 1994). Il est important de souligner que les douleurs thoraciques sont très fréquemment ressenties lors de douleurs référées cervicales, cardiopulmonaires, gastro-intestinales ou rénales pouvant irradier antérieurement ou postérieurement.

3) Les lombalgies sont des douleurs et/ou inconforts situés en dessous de la région costale (limite supérieure) et au-dessus des plis fessiers inférieurs (limite inférieure), avec ou sans irradiation dans les membres inférieurs (Merskey H. 1994).

1.2.3.1.4 Incidences, prévalences, et évolution des douleurs rachidiennes

Il est important de préciser qu'il est difficile de quantifier et d'évaluer avec précision les prévalences des douleurs rachidiennes. Premièrement, les définitions des douleurs rachidiennes ou la durée minimale d'un épisode sont hétérogènes d'une étude à l'autre, tout comme la localisation anatomique pouvant être décrite dans ces mêmes études. Deuxièmement, le recensement des TMS n'est pas systématisé dans les différents pays, et ne permet pas de tirer de conclusions quant à la réelle proportion représentée par les douleurs rachidiennes. Troisièmement, les rapports du « Global, regional, and national burden of disease » ne dissocient pas les causes des lombalgies ou des cervicalgues. Par exemple, les prévalences de l'arthrose ciblant le rachis sont regroupées avec les douleurs post-traumatiques (Safiri, Kolahi et al. 2020). Enfin, il est difficile d'estimer avec précision les prévalences des douleurs, c'est pourquoi très récemment, l'« International Classification of Diseases 11th» et l'« International Association for the Study of Pain Task Force » ont tenté d'apporter des nuances supplémentaires au regard des douleurs d'origine musculosquelettique. En effet, ces deux organismes proposent une nouvelle classification afin de standardiser et tenter de pallier cette hétérogénéité des définitions des douleurs rachidiennes. Cette nouvelle approche souligne l'importance de ne pas dissocier la douleur comme un simple symptôme lié à ces maladies mais plutôt considérer la douleur comme une condition à part entière (Treede 2019).

La prévalence annuelle des douleurs rachidiennes se situerait entre 55 et 66 % avec un pourcentage légèrement plus élevé chez la femme (Leboeuf-Yde, Nielsen et al. 2009). La majorité d'entre-elles serait d'origine non spécifique, sans cause identifiable (Bardin, King et al. 2017).

1.2.3.1.5 Cervicalgies

Le rapport du « Global, regional, and national burden of neck pain », fournit les prévalences propres aux cervicalgues (Safiri, Kolahi et al. 2020). Puisqu'aucun lien éventuel entre cervicalgues et mortalité n'a été montré, les prévalences exprimées en années vécues avec une incapacité (YLD) ou en années de vie ajustées à l'incapacité (DALYs) sont identiques. Ainsi, la prévalence, exprimée en années de vie ajustées à l'incapacité, s'élève à 3551 pour 100 000 habitants en 2017. De plus, une prévalence plus élevée serait observée chez les femmes

âgées entre 50-54 ans, contre 45-49 ans chez les hommes, pour enfin diminuer avec l'âge. Ce rapport recense l'Europe de l'Ouest, l'Asie de l'Est, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient comme ayant, en 2017, la prévalence la plus élevée en fonction des tranches d'âges. En 2017, les cervicalgies arrivent en seconde position des TMS, après les lombalgies avec une proportion de 19% de cas incident. De manière plus précise, il est estimé qu'environ deux tiers de la population seront concernés par un épisode douloureux localisé dans la région cervicale entraînant une diminution des amplitudes de mouvements cervicaux. Enfin, la fréquence de cervicalgies dites « non spécifiques » serait estimée à 12 patients sur 1000 par année (Safiri, Kolahi et al. 2020).

1.2.3.1.6 Dorsalgies

Les dorsalgies ne sont que très peu présentes dans la littérature réduisant donc le nombre de données disponibles à ce sujet. L'incapacité générée par ces dorsalgies n'a pas été quantifiée dans les rapports les plus récents tel que le « Global, regional, and national burden of disease ». Cependant, elles ne doivent pas être négligées.

En effet, au même titre que les cervicalgies, les dorsalgies seraient plus observées chez les femmes avec une prévalence de 69,5 % contre 63,2 % chez l'homme (Leboeuf-Yde, Nielsen et al. 2009, Bikbov, Kazakbaeva et al. 2020). Il semblerait que les douleurs thoraciques soient fréquentes chez les enfants et adolescents, avec une prévalence à 1 mois s'élevant à environ 13% et 35% contre 5% et 15% pour les cervicalgies, et 4% et 36% pour les lombalgies (Wedderkopp, Leboeuf-Yde et al. 2001, Kjaer, Wedderkopp et al. 2011). L'incidence à 3 mois et 2 ans des dorsalgies chez les jeunes (enfants et adolescents), quant à elle, s'élève à environ 4% et 50%, avec une proportion d'environ 50% d'individus âgés de 12 ans rapportant une douleur persistante à 15 ans (Johansson, Jensen Stochkendahl et al. 2017).

D'autre part, ces dorsalgies diminueraient à l'âge adulte et seraient donc moins fréquentes, avec une prévalence à un an estimée à environ 15% contre 32% pour les douleurs cervicales et 43% pour les douleurs lombaires (Niemelainen, Videman et al. 2006, Leboeuf-Yde, Nielsen et al. 2009). L'incidence des dorsalgies à 1 mois, à l'âge adulte, quant à elle, est inférieure à celle de la cervicalgie et de la lombalgie (Johansson, Jensen Stochkendahl et al. 2017). Toutefois les auteurs soulignent le manque d'estimations concernant les dorsalgies et la difficulté à comparer.

1.2.3.1.7 Lombalgies

Les lombalgies ont été considérablement étudiées au cours des dernières années. Elles constituent la première cause de handicap dans le monde, dans 14 des 21 régions du monde citées dans le rapport « Global, regional, and national burden ». Au même titre que les cervicalgies, le rapport du « Global, regional, and national burden of low back pain », fournit les prévalences des lombalgies en années de vie vécues avec incapacités (YLDs), puisqu'à nouveau, aucune mortalité n'est attribuable aux lombalgies. Les personnes âgées qui déclarent avoir des douleurs rachidiennes ont un risque de mortalité accru de 13 % par année de vie, mais le lien n'est pas causal. En effet, la relation n'existe plus lorsqu'on considère des facteurs de confusion tels que dépression et l'incapacité fonctionnelle, suggérant que les douleurs rachidiennes sont associées à une population en mauvaise santé, ce qui augmenterait alors le risque de mortalité (Fernandez, Boyle et al. 2017).

Ainsi, la prévalence générale augmente avec l'âge. Elle est plus élevée entre 80 et 89 ans puis diminue légèrement. Les années de vie vécues avec incapacités (YLDs) seraient les plus élevées entre 45 et 49 ans avant de diminuer. Ce schéma s'observerait de la même manière chez les femmes et chez les hommes (Wu, March et al. 2020). En 2017, les régions recensant le plus grand nombre d'années vécues avec incapacités était l'Asie du Sud, suivie de l'Asie de l'Est. Le nombre de cas prévalents en 2017, serait plus élevé dans les pays à haut niveau de revenus. Mais les chiffres réels restent difficiles à estimer dans les pays à faibles revenus comme l'Afrique (Morris, Daniels et al. 2018). Enfin, bien que la prévalence de la lombalgie ait diminué entre 1990 et 2017, le nombre prévalent de personnes atteintes de lombalgie et le nombre de jeunes adultes ont considérablement augmenté depuis 1990. La prévalence augmente fortement au cours de l'adolescence ; environ 40% des enfants de 9 à 18 ans dans les pays à revenus élevés, à revenus intermédiaires et à faibles revenus déclarent souffrir de lombalgies (Calvo-Munoz, Gomez-Conesa et al. 2013). Il est généralement admis que 70 à 85% des adultes souffriront au moins une fois au cours de leur vie d'un épisode de lombalgie (Andersson 1998). Une évolution vers la chronicité s'observe chez environ 10 à 20% des individus atteints de lombalgies aiguës. Selon la Haute Autorité de Santé, 90 % des patients récupèrent en moins de 4 à 6 semaines ((HAS)). À 3 et 6 mois, 26% des patients présenteront une douleur persistante contre 21% à un an (Chou and Shekelle 2010). Les lombalgies chroniques semblent être 2,5 fois plus

fréquentes chez les travailleurs (Jackson, Thomas et al. 2015). La prévalence médiane annuelle dans le monde dans la population adulte est d'environ 37%. Elle culmine en milieu de vie et est plus fréquente chez les femmes que chez les hommes (Wu, March et al. 2020). Enfin, il est difficile d'estimer avec précision l'incidence des lombalgies, puisque d'une part, cette dernière est souvent associée à une récurrence des épisodes, tout au long de la vie de l'individu. D'autre part, lorsqu'évaluée au travers d'études, il existe un biais de mémoire concernant l'exactitude de la survenue du premier épisode douloureux.

Les données probantes relatives aux facteurs de risques de douleurs rachidiennes sont, au même titre que l'ensemble des données sur le sujet, plus exhaustives concernant les cervicalgies et les lombalgies que les dorsalgies. Bien que les études sur le sujet dissocient généralement les douleurs rachidiennes, elles partagent des facteurs de risques et l'analogie peut être envisagée pour les dorsalgies. La lombalgie et la cervicalgie sont associées à l'âge, aux antécédents de douleurs musculosquelettiques ainsi qu'à la présence d'autres affections chroniques telles que le diabète et les céphalées par exemple. D'autres facteurs tels que l'obésité, le tabagisme, la sédentarité, la dépression ou encore les facteurs génétiques semblent être associés à la survenue d'épisode de lombalgies (Hartvigsen, Hancock et al. 2018, Buchbinder, Underwood et al. 2020). Concernant les facteurs de risques propres au travail, on peut s'intéresser aux facteurs physiques définissant la pénibilité relative au poste de travail comme effectuer des tâches physiques ou de la manutention, ou le fait d'être assis de manière prolongée, ou d'effectuer des gestes répétitifs (Hartvigsen, Hancock et al. 2018, De Carvalho, Greene et al. 2020). Concernant les facteurs de risques propres au travail, on peut distinguer d'une part, des facteurs physiques tels que les caractéristiques du poste de travail comme effectuer des tâches physiques ou de la manutention, être assis de manière prolongée, effectuer des gestes répétitifs. À cela s'ajoute, les caractéristiques biopsychosociales telles que des conditions de travail stressantes et le manque de soutien social identifiées par différents auteurs et rapportées dans une revue systématique. (Chou and Shekelle 2010). Les mêmes facteurs chez les travailleurs atteints de dorsalgies ont été similairement identifiés par Briggs et al. (Briggs, Bragge et al. 2009).

En ce qui concerne les dorsalgies, Briggs et al. ont identifié des facteurs de risques de dorsalgie dans la population générale (Briggs, Smith et al. 2009, Briggs and Straker 2009). Ainsi

chez les enfants et adolescents, on retrouve le genre féminin, le poids du cartable et d'autres aspects liés à l'école, la présence d'autres symptômes musculosquelettiques ainsi qu'une santé mentale délicate. Enfin chez les adultes, à la présence d'autres symptômes musculosquelettiques, s'ajoute la difficulté de réaliser des activités de la vie quotidienne.

1.2.3.1.8 Portrait économique

La prévalence des douleurs rachidiennes est élevée et génère par conséquent des coûts très importants. Parallèlement, s'il est difficile d'évaluer les prévalences des douleurs rachidiennes avec précision, il en est de même pour les coûts associés. On distingue les coûts directs, liés aux soins de la condition et les coûts indirects tels que l'impact due à l'absence de l'individu dans une entreprise, son remplacement ou encore la perte de fabrication induite par son absence ou impotence. Les affections douloureuses ciblant le rachis représentaient en 2013 la troisième plus grande dépense de santé nationale totale à hauteur de 87,6 milliards de dollars (environ 4%). Elle talonne des pathologies comme le diabète ou encore les cardiopathies (Dieleman, Cao et al. 2020). En cas de chronicité, par exemple, les douleurs rachidiennes sont responsables d'invalidité pouvant mener à une perte d'emploi, entraînant des répercussions majeures sur les systèmes de soins mais également des répercussions socio-économiques. Les douleurs rachidiennes génèrent de l'absentéisme et impactent la productivité des entreprises (Dagenais, Caro et al. 2008). En France, par exemple, le mal de dos est à l'origine de 2,3 millions de journées de travail perdues dans le secteur de l'aide et des soins à la personne soit l'équivalent de 10 800 emplois à temps plein, ou encore 1,1 million de journées de travail perdues dans le secteur du transport, de la logistique et du commerce, soit l'équivalent de 5 000 emplois à temps plein (INRS 2020). Le coût humain ajouté aux coûts directs et indirects s'élèveraient à plusieurs centaines de milliers d'euros par an (Dagenais, Caro et al. 2008, Maher, Underwood et al. 2017).

Devant le constat accablant d'une prévalence des douleurs rachidiennes qui ne diminue pas, d'une incapacité globale générée par ces affections qui ne cessent de croître, des causes potentielles ont été identifiées. La section suivante présentera ce qui a été privilégié ces dernières décennies ainsi que les stratégies de soins existantes et qui devraient être considérées chez les individus souffrant de douleurs rachidiennes.

1.2.4 Les options thérapeutiques

L'heure est à la reconnaissance que des soins de santé de mauvaises qualités ont été proposés aux patients ces dernières années dans les pays développés en privilégiant une approche biomédicale plutôt que biopsychosociale. En effet, une part de l'augmentation de la charge générée par les TMS, souvent chroniques, s'expliquerait par un recours fréquent à des interventions cliniques inappropriées et invasives générant peu de résultats ainsi que des dépenses de santé démesurées (Buchbinder, Underwood et al. 2020, Cohen, Vase et al. 2021). L'efficacité des stratégies mises en place dès lors dans le but de contrer l'apparition des TMS, de diminuer leurs présences et d'améliorer leurs prises en charge est remise en question.

Dans un premier temps, l'utilisation des imageries médicales a été questionnée. Longtemps ciblée pour sa surutilisation dans les cas de lombalgies, Jenkins et al. 2018, rapportent dans une revue systématique de la littérature, que l'utilisation de l'imagerie est à reconsidérer et dénonce une surutilisation ainsi qu'une utilisation inadéquate (Jenkins, Downie et al. 2018). Cette utilisation inappropriée s'illustre par le manque d'observance et d'utilisation adéquate des guides de bonnes pratiques par les thérapeutes lorsque vient le temps de choisir le traitement adéquat, le tout générant à terme des coûts de prise en charge inutiles. L'imagerie devrait être réservée en cas d'échec des thérapies conservatrices, sans être prescrite trop précocement après le diagnostic (Jenkins, Downie et al. 2018).

Dans un second temps, puisque les mécanismes à l'origine des douleurs rachidiennes ne sont pas clairement identifiés, la prise en charge a, quant à elle, été largement axée sur la réduction des symptômes, et notamment celui de la douleur. Une gamme de stratégies d'interventions pharmacologiques et non pharmacologiques a donc été utilisée dans la pratique clinique, sans réel cadre ni recul sur l'efficacité. De ce fait, depuis de nombreuses années, les sociétés et leurs systèmes de soins, qu'ils soient publics ou privés, ont tenté de réduire ce symptôme en proposant diverses stratégies pharmacologiques telles que l'élargissement de la prescription d'antalgiques auxquels appartiennent les opioïdes. Ainsi, depuis les années 1990, la consommation d'opioïdes a explosé. Ce phénomène est particulièrement observé aux États-Unis, au Canada mais aussi, dans une moindre mesure, en France et en Europe (Abdel Shaheed, Maher et al. 2017, ASNM 2020). Ces antalgiques ont longtemps été prescrits pour tous les types de douleurs, aigues, subaiguës ou chroniques et ce, peu importe leurs origines, spécifiques ou

non. Ils constituent toujours un traitement de choix pour les patients souffrant de douleurs aiguës, neurologiques, liées au cancer, et en soins palliatifs. Cependant, les effets indésirables ne sont pas sans conséquence. En 2017, à la suite d'observations de surutilisations, d'augmentations des addictions, mais aussi de surdoses et parfois de leurs inefficacités, les opioïdes ont été déclarés, aux États-Unis, comme étant une urgence de santé publique (Chisholm-Burns, Spivey et al. 2019). En effet, l'efficacité des opioïdes pour le traitement de la douleur chronique est de plus en plus contestée (Dowell, Haegerich et al. 2016). Le guide publié par les « Centers for Disease Control and Prevention » (CDC), aux États-Unis en 2016 découragent leur utilisation et reconnaît l'importance d'éviter la prescription inutile ou inefficace d'opioïdes chez les individus présentant des douleurs chroniques (Dowell, Haegerich et al. 2016, Krebs, Gravely et al. 2018). Dans les cas de chronicité, les opioïdes ne devraient être envisagés que dans les circonstances d'un échec face aux traitements conventionnels (Gudin, Kaufman et al. 2020).

Afin de contrer ce fléau, de nombreux guides de recommandations de bonnes pratiques ont émergé concernant la gestion des TMS, proposant alors des solutions allant du diagnostic aux décisions thérapeutiques. Ils favorisent le recours à des mesures non pharmacologiques et conservatrices (2016, Qaseem, Wilt et al. 2017, Stochkendahl, Kjaer et al. 2018, Lin, Wiles et al. 2020). Au travers de ces recommandations, un éventail de traitements revient fréquemment (Oliveira, Maher et al. 2018). Certains médicaments sont non recommandés comme le paracétamol tandis que d'autres comme les opioïdes, les antidépresseurs, les anti-inflammatoires présentent sont recommandés pour certaines conditions spécifiques mais les preuves d'efficacité sont classées comme étant de faible qualité. Les traitements invasifs de type chirurgie ou injection ne sont pas recommandés pour les individus atteints de lombalgie non-spécifiques. Enfin, les preuves concernant la manipulation vertébrale et l'acupuncture sont inconstantes. Il règne donc une certaine incertitude pour les thérapeutes en regard de la prise en charge à privilégier pour les douleurs rachidiennes ou autres TMS.

Une revue systématique publiée en 2019 par Lin et al. fait un état des lieux de ces différents guides et classe ces derniers par grades de qualité (Lin, Wiles et al. 2019). Bien que les mécanismes d'apparition puissent être d'origines diverses, ces troubles présentent des similarités et génèrent chez les individus de la douleur ainsi que de l'incapacité fonctionnelle.

De ce fait, les grands principes de prise en charge sont similaires pour les TMS touchant le rachis. Par cet article, les auteurs tentent de clarifier les recommandations communes ou spécifiques à la gestion de la douleur de ces troubles (Lin, Wiles et al. 2019). Les conditions plus fréquemment étudiées sont l'arthrose, mais aussi les lombalgies et les cervicalgies, souvent secondaires à l'arthrose, dont les principaux symptômes rapportés dans ces pathologies sont la douleur et l'incapacité fonctionnelle. La prise en charge varie en fonction du stade de la condition mais aussi des conséquences qu'elle engendre. Ainsi pour une cervicalgie, seuls les grades I et II seront considérés, le grade III signale la présence de signes neurologiques qui nécessitent de référer le patient pour des examens complémentaires. Les auteurs préconisent des soins multimodaux et évoquent le choix du non-traitement et de l'évolution naturelle de la pathologie (*tableau 1.2*). Ce type de prise en charge, centrée sur le patient, permet de communiquer avec le patient pour une prise de décisions partagées, afin de le responsabiliser et le rendre autonome. Le patient fait un choix éclairé, en considérant les bénéfices mais aussi les risques associés à chacun des traitements proposés.

Cette revue systématique cite entre autres les thérapies manuelles comme traitement à considérer pour certaines conditions musculosquelettiques (Lin, Wiles et al. 2019). Depuis plusieurs années, les études scientifiques portant sur la manipulation vertébrale se multiplient et ont généralement pour but de mieux comprendre ses mécanismes ainsi que ses effets cliniques. Bien que les données scientifiques concernant son efficacité soient considérées comme étant de qualité faible à modérée, son utilisation, elle, est toutefois recommandée (Bussieres, Stewart et al. 2018). La manipulation vertébrale pourrait être bénéfique lors de la prise en charge des douleurs rachidiennes non inflammatoires en favorisant la mobilité rachidienne, mais elle ne serait pas plus efficace que des mobilisations au niveau du rachis cervical (Gross A 2015). En ce qui concerne les douleurs rachidiennes au patron inflammatoire, comme lors de spondylarthropathies, la manipulation n'est généralement pas recommandée (Ward, Deodhar et al. 2019) .

Malgré sa mention constante au travers des guides de recommandations portant sur la prise en charge des troubles musculosquelettiques, l'usage de la manipulation vertébrale ne semble pas être considérée en première intention. En effet, Lin et al. (2019) ainsi que Parikh et al (2019) propose un modèle de soins multimodaux qui considère la manipulation vertébrale

comme un outil supplémentaire dans la prise en charge des patients atteints de douleurs rachidiennes (Lin, Wiles et al. 2019, Parikh, Santaguida et al. 2019). La manipulation vertébrale a pour but de favoriser le mouvement et se doit d'être combinée à d'autres modalités. La manipulation vertébrale, selon ces auteurs, devrait être considérée en deuxième intention, lorsque la réassurance, l'éducation du patient, la réadaptation et les exercices physiques ont déjà été mis en place. Ces guides mentionnent la nécessité de limiter la médication ainsi que les chirurgies et de ne pas les préconiser qu'en cas d'échec thérapeutique. La manipulation vertébrale semble donc être une alternative à plébisciter dans un cadre multimodal afin d'améliorer la prise en charge des TMS.

La prévalence des douleurs rachidiennes telles que celle des lombalgies et des cervicalgies est importante et les divers coûts attribuables à ces conditions sont considérables. À ce jour, il reste beaucoup de chemin à parcourir afin d'identifier les interventions utiles et les plus efficaces générant le moindre coût lors de la prise en charge de ces troubles rachidiens.

Tableau 1.2 Classification des recommandations de qualité haute, propres aux lombalgies et cervicalgies adaptée de Lin, Wiles et al. (2019).

	Lombalgies					Cervicalgies	Thoraciques
Recommandations	Globe, Farabaugh et al. (2016)	NICE (2017)	Stochkendahl, Kjaer et al. (2018)	Van Wambeke, Desomer et al. (2020)	Bussieres, Stewart et al. (2016)	Coté, Wong et al. (2016)	
<u>Principes de management</u>							
Principes de gestion de soins centrés sur le patient	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
<u>Évaluation</u>							
Diagnostic: exclure une pathologie grave	✓✓	✓✓		✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Diagnostic: classer les douleurs cervicales de grade I-IV					✓✓	✓✓	
Évaluer les facteurs psychosociaux	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	
Utilisation systématique de l'imagerie radiologique	o	o	o	o			
Procéder à un examen physique	✓✓	✓✓		✓✓		✓✓	
Évaluation/réévaluation et mesures	✓✓					✓✓	
<u>Prise en charge</u>							
Fournir l'accès à de l'éducation, de l'information	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Proposer des programmes d'auto-gestion	✓	✓✓	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Perte de poids si surpoids /obésité	✓				✓	✓	

?

Traitement pharmacologique							?
Paracétamol seul		o	o	o	✓	o	
AINS	✓	o	✓	✓	✓	✓	
AINS plus paracétamol							
Opioïdes - douleur aiguë	✓	o	✓	?			
Opioïdes - douleur chronique		o		o	?		
Relaxants musculaires				o	✓	✓	
Inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine		o		o			
Inhibiteurs de la recapture de la sérotonine et de la norépinéphrine, antidépresseurs tricycliques ou anticonvulsivants		o		o			
Interventions passives - non invasives:							
Thérapie manuelle	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	?
Si elle est utilisée, utiliser la thérapie manuelle avec d'autres modalités	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓			
Électrothérapie	✓	o		o	✓	✓	
Appareils orthopédiques/orthèses	✓	o		o	?	o	
Thérapie psychologique	✓	✓	✓	✓	✓	o	
Interventions passives - invasives : chirurgie							?
Chirurgie (Essayez d'abord les soins conservateurs avant la chirurgie)		✓✓		✓✓			
Remplacement de disque en cas de lombalgie		o		o			

<u>Interventions passives - invasives : injection</u>							?
Injections pour la lombalgie		o		o			
Injection épidurale pour les douleurs radiculaires aiguës et sévères		✓	o	✓			
Médecine complémentaire : acupuncture	✓	o	o	?			
Faciliter la poursuite/reprise du travail		✓✓	✓	✓✓		✓✓	

✓✓ : Devrait faire ; ✓ : Pourrait faire ; o : Ne pas faire ; ? Incertain. *En bleu* : Recommandations communes aux lombalgies et cervicalgies
 - NICE, National Institute for Health and Care Excellence; AINS: Anti-inflammatoires non-stéroïdiens

Chapitre 2 – La manipulation vertébrale

2.1 La manipulation vertébrale

2.1.1 Origines

Les origines historiques de la thérapie manuelle à laquelle appartient la manipulation vertébrale semblent diverses et variées ce qui expliquerait la multitude d'approches et de concepts entourant la pratique de la thérapie manuelle. La manipulation serait l'une des plus vieilles interventions manipulatoires décrites dans les domaines de la médecine chinoise, égyptienne mais aussi citée par Hippocrate durant l'Antiquité (Stanley 2000, Pettman 2007). Bien que délaissées au cours des époques, c'est au 19ème siècle, qu'un nouvel engouement pour la manipulation vertébrale et articulaire s'est développé. Cet élan, qui semblait prendre son origine dans l'insatisfaction des patients face aux lacunes de la médecine allopathique, a été porté par deux courants principaux : l'ostéopathie et la chiropratique. Les techniques en découlant prennent des noms divers, caractéristiques des deux courants principaux tels que la « manipulation ostéopathique » ou « l'ajustement » propre au chiropraticien. Ces techniques regroupent un ensemble de pratiques manuelles souvent très similaires (Pettman 2007). L'apprentissage de la manipulation vertébrale repose sur un modèle empirique qui se fait au travers d'une transmission de savoir entre individus. À l'instar des produits pharmaceutiques ou des dispositifs médicaux, les preuves scientifiques décrivant les effets des thérapies manuelles sont considérées comme de qualité faible à modérée et nécessitent d'être approfondies. Cela peut expliquer un certain manque d'intérêt face à ces techniques par le monde médical.

Malgré un manque de données scientifiques relatives aux mécanismes d'action des thérapies manuelles, l'utilisation de la manipulation par des groupes de professions agréées est très répandue dans le monde entier. En effet, selon Hurwitz et al., les principaux utilisateurs de la thérapie manuelle seraient les chiropraticiens suivis des ostéopathes et des physiothérapeutes en Amérique du Nord (Hurwitz 2012). Bien que peu de données soient disponibles en Europe, le schéma semble similaire, et les médecins, chirurgiens orthopédistes seraient formés à la manipulation en Allemagne (Hurwitz 2012). Pour rappel, parmi ces thérapeutes environ 79,3%

des chiropraticiens utilisent la manipulation vertébrale comme outil principal (Beliveau, Wong et al. 2017).

Conséquence de cette grande variété, les noms employés pour désigner la manipulation vertébrale divergent ainsi que les techniques employées pour la prodiguer. Malgré ce constat, l'ensemble des thérapies manuelles a pour dénominateur commun l'application d'une force passive ou active sur une articulation ou sur des tissus mous.

2.1.2 Définitions

Les manipulations vertébrales ou articulaires les plus souvent décrites dans la littérature se distinguent en deux groupes : les mobilisations et les manipulations dites de haute vitesse et basse amplitude (HVLA). L'une ou l'autre consistent à appliquer manuellement une force sur une articulation ou des tissus mous avoisinant de la colonne vertébrale ou des régions périphériques. L'ensemble de ses manœuvres thérapeutiques, d'une manière générale, a pour but de favoriser le mouvement articulaire par possible déformation des structures articulaires (Herzog 2010).

Les mobilisations, regroupent un ensemble de techniques et sont considérées comme des forces ou mouvements générés sans phase d'impulsion et de forces généralement moins importantes que la manipulation vertébrale. Très prisées des physiothérapeutes, les plus décrites, sont celles de Maitland caractérisées comme des « oscillations accessoires passives appliquées à l'articulation vertébrale le long du plan de mouvement et d'amplitudes variables (Maitland GD 2001). Selon la présentation clinique du patient, Maitland recommande une oscillation toutes les deux secondes, ou deux à trois oscillations par seconde. Cette fréquence d'oscillation présenterait donc une grande variabilité entre les différents thérapeutes. Snodgrass et al. (2006), dans le cadre d'une revue narrative, font un état des lieux des connaissances concernant l'application de forces par les thérapeutes manuels lors de l'exécution des techniques de mobilisation postérieure à antérieure. Ainsi, ils montrent au travers de leurs résultats que généralement, la fréquence d'oscillation se situerait autour 1 cycle par seconde (1 Hertz) indépendamment de la région rachidienne ciblée (Snodgrass, Rivett et al. 2006). Ces mobilisations se classent selon quatre grades, décrits dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 Grades de mobilisations de Maitland, adaptés de Maitland GD (2001).

Grades	Définitions
I	Petite amplitude de mobilisation réalisée au début de l'amplitude disponible
II	Grande amplitude de mobilisation réalisée dans la zone « sans résistance » de l'amplitude disponible. (Démarrant après la fin du grade I)
III	Grande amplitude de mobilisation réalisée dans la zone de résistance du mouvement ou jusqu'à la limite de l'amplitude disponible.
IV	Petite amplitude de mobilisation réalisée dans la zone de résistance du mouvement et jusqu'à la limite de l'amplitude disponible.
V	Petite amplitude et grande vitesse de mobilisation réalisée le plus souvent, mais pas toujours, à la fin de la limite de l'amplitude disponible. Peut-être assimilée à une manipulation vertébrale HVLA.

Au même titre, d'autres variantes de mobilisation existent, tel que le protocole Mulligan, ou encore le concept Kaltenborn qui peuvent également être définis comme une combinaison de concepts de mobilisations passives pour les extrémités (Kaltenborn 2011).

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéresserons plus particulièrement à la manipulation vertébrale dite de haute vélocité et basse amplitude (HVLA). Les sections suivantes définissent, de manière détaillée, l'ensemble des caractéristiques biomécaniques et cliniques de cette modalité thérapeutique.

Les manipulations vertébrales, communément utilisées en chiropratique, correspondent donc à l'application d'une force dite de haute vélocité et basse amplitude (HVLA) (Triano, Descarreux et al. 2012). Elles présentent des caractéristiques qui diffèrent selon le thérapeute, la technique employée, la région ciblée et le type de contact choisi. Les manipulations vertébrales peuvent être parfois à l'origine du phénomène de cavitation, bruit caractérisant la séparation de deux surfaces articulaires lorsque la force maximale est appliquée (Evans and Breen 2006, Kawchuk, Fryer et al. 2015). Elles peuvent aussi être considérées, selon la classification de Maitland, comme un cinquième grade de mobilisation. Bien que l'approche manuelle soit plus populaire, certains instruments/appareils ont été développés au cours du temps pour mimer l'impulsion d'une manipulation vertébrale. Deux grandes familles d'instruments se distinguent, le premier purement mécanique, le second une variante électrique. Selon Beliveau et al., parmi les praticiens utilisant la manipulation vertébrale comme outil thérapeutique, 23% utiliseraient les manipulations mécaniquement assistées (Beliveau, Wong et al. 2017).

En tant que chiropraticienne de profession, cette thèse ainsi que les travaux qui en découlent s'inscrivent dans le contexte de la chiropratique et ces modalités.

La formation aux techniques manipulatoires occupe une place importante dans les cursus des futurs chiropraticiens. L'Organisation Mondiale de la Santé a publié en 2005 un guide contenant des recommandations sur la formation de base en chiropratique dans le but de promouvoir la sécurité, la précision et la qualité des soins chiropratiques dans le monde entier (World Health Organization 2005). En effet, plus de 2200 heures allouées sur une période de 3 ou 4 ans sont nécessaires pour développer et acquérir le geste. Parmi ces heures, le guide estime que cela doit inclure environ 1100 heures d'expérience clinique supervisée.

Au cours des dernières décennies, de nombreuses études ont porté sur les méthodes d'enseignement, d'apprentissage de contrôle moteur, relatifs à la manipulation vertébrale afin d'améliorer les compétences des chiropraticiens. La manipulation vertébrale HVLA peut être quantifiée par l'entremise de divers outils de mesure développés ces dernières décennies. Il est possible de distinguer des outils enregistrant les forces appliquées au niveau de l'interface patient-interface à l'aide de tables de traitement dotées de plateformes de force ou encore des outils enregistrant les forces appliquées au niveau de l'interface du thérapeute-patient tels que des gants dotés de capteurs, des coussins de pressions (Mercier, Rousseau et al. 2021). Ces dispositifs ont été utilisés non seulement dans le cadre de recherche permettant de caractériser la manipulation vertébrale au travers de paramètres biomécaniques. Ils ont aussi été utilisés comme des outils pédagogiques qui ont permis d'identifier des processus d'apprentissage et de feedback augmenté.

2.1.3 Définition biomécanique de la manipulation vertébrale

L'utilisation des outils développés a permis de mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux manipulations vertébrales HVLA. Ainsi, il est possible de décrire trois phases distinctes : la phase de mise en tension, la phase d'impulsion (ou thrust) et la phase de relâchement (Downie, Vemulpad et al. 2010, Herzog 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012). Cette force appliquée par un thérapeute, en fonction d'une période donnée et qui s'exprime en Newton (N) par milliseconde (ms) peut être illustrée au travers d'un profil force-temps spécifique de manipulation vertébrale HVLA (*Figure 2.1*). La quantification de la manipulation

permet alors d'objectiver la dose appliquée lors de la manipulation. L'étude des différents paramètres biomécaniques permet de présenter des intervalles de forces moyennes pour chacune des phases en fonction de la région rachidienne concernée. Ces variations d'amplitudes illustrent la variabilité interindividuelle.

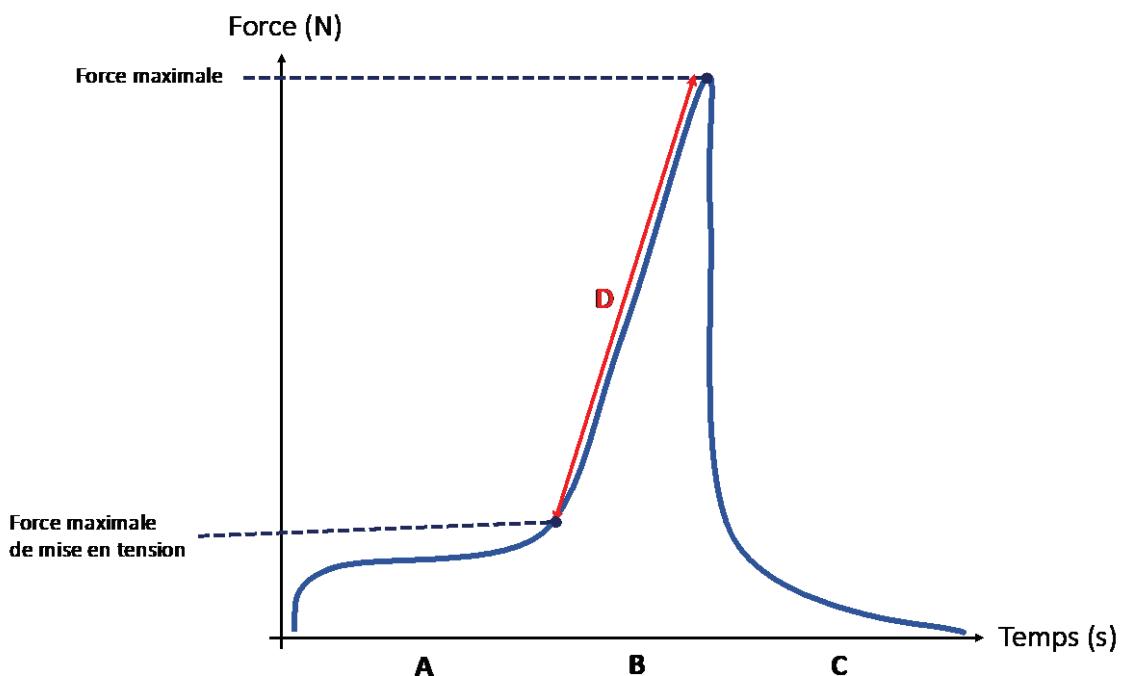


Figure 2.1 Profil force-temps illustrant une manipulation vertébrale.

(A) représente la phase de mise en tension, (B) la phase d'impulsion, (C) la phase de relâchement et (D) le taux d'application de la force (N/s)

2.1.3.1 La phase de mise en tension :

La force de mise en tension initie la manipulation et précède la phase d'impulsion. Elle est décrite comme une force de faible amplitude, quasi-constante ou progressive, appliquée durant plusieurs secondes (Herzog 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012). Cette mise en tension permettrait de mieux répartir les forces générées lors de l'impulsion en augmentant la rigidité du rachis, et en diminuant son déplacement (Triano 2001, Herzog 2010). Elles peuvent être nulles ou alors varier de 20 à 260N. Elles représentent environ 9 à 32% de la force maximale appliquée lors de la phase d'impulsion. Les caractéristiques des forces de mise en tension sont présentées dans le tableau 2.2. La durée d'une phase de mise en tension varierait de à 0.5 s à 5s.

Enfin, décrit initialement par Cohen et al. (1995), la phase de mise en tension peut être suivie d'une phase dite de relâchement correspondant à une brève diminution (environ 5 à 6%) de la force préalablement appliquée lors de la mise en tension avant toute impulsion (Cohen, Triano et al. 1995).

2.1.3.2 La phase d'impulsion :

La phase d'impulsion permet de distinguer la manipulation HVLA de la mobilisation. Elle correspond à la force maximale appliquée au cours d'une durée très brève, variant autour d'une centaine de millisecondes (Triano 2001, Herzog 2010). Au même titre que la force de mise en tension, il est possible de quantifier des intervalles de force moyenne appliquée pendant la phase d'impulsion. La variabilité intra, et inter-thérapeute, de la force appliquée lors de l'impulsion est importante, et dépendante, elle aussi, des conditions d'application. Les valeurs de force atteintes dans cette phase oscillent entre 100 et 900N selon les régions d'application de la manipulation vertébrale. La durée de cette impulsion se situerait entre 75 et 280 ms (*Tableau 2.2*).

En ce qui concerne les manipulations instrumentées, Liebschner et al. ont fait état des différents outils disponibles et comparé les forces pouvant être développées par chacun de ces outils. Ainsi, les forces développées mécaniquement par ces outils varient selon leurs séries (I, II par exemple). Les instruments présentent en moyenne, dépendamment de leur mode minimum à maximum, pour la version mécanique, des amplitudes de force maximale variant de 61,5N à 189 N, contre 36 à 129 N pour la version électrique (Liebschner, Chun et al. 2014).

Enfin au cours de cette phase d'impulsion de la manipulation vertébrale HVLA, le taux d'application de la force peut être calculé et correspond au rapport entre la force appliquée au cours de l'impulsion et la durée de cette dernière. Il s'exprime en N/s.

2.1.3.3 La phase de relâchement :

Cette phase caractérise la fin de la manipulation, au moment du relâchement de l'ensemble des forces appliquées. Elle ne présente pas d'intérêt biomécanique.

Tableau 2.2 Paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale manuelle par région rachidienne entre 2010 et 2021.

Présentés sous forme de moyennes, écart-types ($\pm SD$) – a : forces mesurées chez des individus asymptomatiques ; b : forces mesurées chez des individus symptomatiques

Région rachidienn e	Auteur s	Caractéristiques de l'étude	Force de mise en tension (N)	Force maximale (N)	Durée de l'impulsion (ms)	Taux d'application de la force (N/s)
Cervicale	Gorrell, Conway et al. (2020)	<u>Haute Cervicale</u> <i>Manipulation 1</i>	X	a: 273 b: 136 (± 29) a: 407 b: 174 (± 34)	a: 180 b: 93 (± 54) a: 160 b: 104 (± 32)	a :1074 b: 601 (± 269) a : 1787 b: 895 (± 214)
		<i>Manipulation 2</i>	X			
		<u>Basse Cervicale</u> <i>Manipulation 1</i>	X	a: 193 (± 74) b: 174(± 37)	a: 147 \pm 12 b: 103 (± 43)	a: 638 (± 98) b: 912(± 271)
		<i>Manipulation 2</i>	X	a: 248 (± 112) b: 229 (± 62)	a: 147 \pm 12 b: 112 (± 34)	a: 895(± 328) b: 1502 (± 731)
	Symons, Wuest et al. (2012)	<u>Cervicale</u>	85 (± 56)	190 (± 85)	175 (± 100)	X
	Herzog (2010)	<i>Données d'une revue narrative</i>	27	107	81	1321
Thoracique	Funabashi, Son et al. (2021)	<i>Forces enregistrées à l'interface clinicien-patient</i>	260.0 (± 41.7)	470. 1 (± 46.4)	165.3 (± 28.2)	1644.5 (± 314.2)
		<i>Forces enregistrées à l'interface participant-table</i>	236.9 (± 47.2)	463.2 (± 57.0)	169.8 (± 28.6)	1639.4 (± 238.1)

	Gorrell, Conway et al. (2020)	<u>Thoracique</u> <i>Manipulation 1</i> <i>Manipulation 2</i>	X	a: 368 (± 71) b: 490 (± 77) a: 464 (± 109) b: 573 (± 90)	a: 142 (± 19) b: 108 (± 27) a: 120 (± 10) b: 111 (± 6)	a: 1732 (± 461) b: 2749 (± 661) a: 2724 (± 587) b: 3710 (± 815)
Thoracique	(Joo, Kim et al. 2020)	<u>Zones ciblées</u> T7 T3 T12	X	487.90 (± 71.98) 458.71 (± 92.64) 432.30 (± 47.042)	X	X
	Engell, Triano et al. (2019)	<u>Tête</u> <i>fixe</i> <i>libre</i>		180.3 (± 22.2) 172.3 (± 20.7)	476.6 (± 24.6) 447.5 (± 39.1)	X
	Cambrid ge et al. (2012)	<u>Techniques :</u> <i>Thénar</i> <i>Hypothénar</i> <i>bilatéral 1</i> <i>hypothénar</i> <i>bilatéral 2</i>		179,7 ($\pm 31,8$) 157,7 ($\pm 33,8$) 109,1 ($\pm 17,2$)	625,4 ($\pm 51,6$) 566,0 ($\pm 105,0$) 814,7 ($\pm 69,0$) 280 (± 110) 130 (± 20) 170 (± 10)	1835,6 ($\pm 693,4$) 3244,7 ($\pm 731,6$) 4191,3 ($\pm 635,8$)
	Herzog (2010)	<i>Données d'une revue narrative</i>	139	399	150	2660
Lombaire				X		

2.1.4 Évaluation objective de la manipulation vertébrale

La maîtrise requise pour appliquer une force donnée sur une très courte période repose sur un bon contrôle postural ainsi qu'une coordination optimale entre le tronc et les membres. Ces deux caractéristiques peuvent être acquises grâce à un entraînement et à un apprentissage rigoureux et définissent l'expert en techniques manipulatoires (Descarreaux and Dugas 2010). D'un point de vue biomécanique, il est possible de distinguer plusieurs étapes clés nécessaires à la réalisation d'une manipulation vertébrale HVLA.

Initialement, le praticien doit procéder à un transfert de poids qui lui permettra de générer avec contrôle, la force suffisante qu'il appliquera durant le traitement (Cohen, Triano et al. 1995). Ce transfert de poids est initié lors de la phase de mise en tension pendant laquelle le clinicien effectue un déplacement de son centre de masse de l'arrière vers l'avant via les membres inférieurs. Enfin, lors de l'impulsion, une coordination inter ou multi-segmentaire doit être mise en place. Cette coordination permet de synchroniser le transfert de poids, l'abaissement du centre de masse et la poussée réalisée par les membres supérieurs pour compléter cette tâche motrice. Ces étapes ont été décrites comme étant déterminantes dans l'exécution de la manipulation vertébrale HVLA et le contrôle de la quantité de force transmise au patient (Descarreaux, Dugas et al. 2015).

D'une manière générale, la performance motrice associée à la réalisation de la manipulation vertébrale et les étapes d'apprentissage menant à la maîtrise du geste peuvent être comparées à celles qui caractérisent un geste sportif. De fait, la manipulation vertébrale peut être considérée comme une tâche motrice complexe qui nécessite un apprentissage rigoureux. Cet apprentissage se doit donc d'être spécifique, basé notamment sur la répétition de la pratique et l'intégration de feedback pertinent à la tâche et à sa réalisation (Descarreaux, Dugas et al. 2006).

Similairement aux sportifs, la section suivante s'intéressera à celui qui apprend la manipulation vertébrale et notamment aux principes d'apprentissage moteur ainsi qu'à l'amélioration de la performance qui découle de l'entraînement.

2.1.4.1 L'apprentissage et les variabilités des paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale :

2.1.4.1.1 Définition

L'apprentissage est défini, selon Schmidt, comme « un ensemble d'opérations associées à la pratique ou à l'expérience, qui conduisent à des changements relativement permanents des compétences pour la performance des habiletés motrices » (Schmidt and Lee 2011). L'apprentissage peut être subdivisé en 3 phases selon Fitts (Fitts and Posner 1969): 1) la phase cognitive ou verbale motrice 2) la phase associative ou motrice 3) la phase dite autonome. Afin d'acquérir ces habiletés, la variabilité, la pratique constante ou aléatoire, le feedback et la répétition sont des éléments essentiels à l'apprentissage.

Les effets de l'apprentissage ainsi que les notions d'expertise et de variabilité ont été mises en évidence ces dernières années, au travers d'études, dans le contexte de la manipulation vertébrale.

2.1.4.1.2 Les effets d'apprentissage

Traditionnellement, l'enseignement des techniques de manipulation vertébrale se caractérise par une structure en deux phases au cours desquelles les connaissances théoriques sont enseignées aux étudiants, puis, après une démonstration, les étudiants sont invités à « imiter » la procédure ayant fait l'objet de la démonstration. Depuis plusieurs années, de nombreuses méthodes ont été développées au cours du temps afin de faciliter l'apprentissage de la manipulation vertébrale (Stainsby, Clarke et al. 2016). Les outils permettant de quantifier la manipulation vertébrale ont été intégrés dans l'apprentissage et sont considérés comme un élément crucial de la formation des étudiants en chiropratique. En effet, des nouvelles technologies telles que des mannequins instrumentés, des tables dotées de plateforme de force ou encore d'autres dispositifs d'entraînement ont été développées afin de fournir un feedback objectif et souvent quantifié aux étudiants. Ils permettent d'améliorer l'apprentissage de la manipulation vertébrale chez les thérapeutes en devenir. Stainsby et al. ont évalué l'efficacité de différentes méthodes d'apprentissage de la manipulation vertébrale chez les étudiants en chiropratique (Stainsby, Clarke et al. 2016). Les auteurs ont inclus 11 études qui recensent différentes méthodes d'enseignement mais ne distinguent aucune méthode plus efficace.

Stainsby et al. soulignent l'importance de mettre en place diverses méthodes d'enseignement afin de stimuler l'apprentissage des étudiants notamment grâce à différentes formes de feedback. Ce feedback bénéficie aux pratiquants peu importe leurs niveaux d'expérience (Pasquier, Cheron et al. 2017).

2.1.4.1.3 L'expertise de la manipulation vertébrale

L'expertise est décrite comme étant inhérente à une tâche et à son contexte. Abernethy et al. décrivent les experts comme des individus capables de produire une habileté motrice avec une grande précision spatiale et temporelle. De manière générale, comparée à une population novice, les experts sont qualifiés, par exemple, comme étant plus rapides et plus précis dans leur domaine. Par exemple, ils produisent moins d'efforts lors de la réalisation de la performance, et sont également plus constants et adaptables pouvant alors anticiper certaines erreurs. La détection d'une erreur nécessite de la part d'un individu, une perception précise de la vitesse, la force, la distance ou la durée du mouvement. Cela requiert également une grande capacité de comparaison à une référence pré-déterminée (Abernethy, Burgess-Limerick et al. 1994, Sherwood 2010).

Appliqués au contexte de la manipulation vertébrale, certains marqueurs de l'expertise ont été identifiés au cours de la dernière décennie. Ainsi, les experts de la manipulation vertébrale présentent des caractéristiques biomécaniques indicatrices de leur performance (Descarreaux and Dugas 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012). Parmi celles-ci, on peut distinguer une diminution de la durée de l'impulsion, une augmentation du taux d'application de la force ainsi qu'une diminution de la variabilité dans l'exécution et la reproduction du geste (Loranger, Treboz et al. 2016, Pasquier, Cheron et al. 2017).

Certaines études indiquent que ces composantes de base sont maîtrisées de manière séquentielle par les étudiants de telle sorte que, dès la fin de leur formation, les étudiants atteignent, pour ces composantes de base, des performances similaires à celles des experts. (Descarreaux and Dugas 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012). D'autres composantes plus avancées semblent se développer plus tardivement, au cours des années de pratiques. Loranger et al. mentionnent la capacité de détection des erreurs chez l'individu expert de la manipulation vertébrale (Loranger, Treboz et al. 2016). Triano et al. mentionnent le transfert de poids, la

rétention et les capacités de transfert, ainsi que la coordination comme composantes avancées définissant « l'expert » en manipulation vertébrale (Triano, Descarreaux et al. 2012). Descarreaux et al. ont notamment étudié la notion de capacité de transfert comme marqueur de la performance chez les experts. Cette capacité de transfert illustre la notion de variabilité dans la pratique et caractérise la capacité à reproduire une tâche motrice malgré un environnement changeant contrairement à une population débutante. Descarreaux et al., ont mis en évidence ce principe lors d'une étude expérimentale visant à comparer des chiropraticiens expérimentés à des étudiants (Descarreaux, Dugas et al. 2015). Tous les participants devaient réaliser des manipulations vertébrales HVLA dans trois conditions expérimentales différentes (position de la table idéale, position de la table imposée et surface instable). Les résultats de l'étude montrent des différences entre les étudiants et les chiropraticiens expérimentés, où le groupe d'experts parvient à maintenir une performance relativement constante malgré les modifications d'environnement comparé au groupe d'étudiants débutants. Similairement, Pasquier et al. ont étudié l'effet combiné du feedback et de l'expertise sur la performance de la manipulation vertébrale et les compétences motrices associées (Pasquier, Cheron et al. 2017). Parmi trois groupes d'étudiants aux niveaux d'apprentissage différents, les résultats montrent que l'expertise des étudiants n'influence pas les performances de la manipulation vertébrale après une session d'apprentissage avec feedback. La tâche motrice représentée par la manipulation vertébrale doit donc être répétée afin d'entrainer chez l'apprenant des modifications physiologiques et motrices permanentes. Ce n'est qu'une fois ces modifications permanentes acquises qu'on considérera qu'il y a eu apprentissage moteur. Les différentes composantes qui caractérisent la manipulation vertébrale au cours de son apprentissage sont présentées dans la figure 2.2.

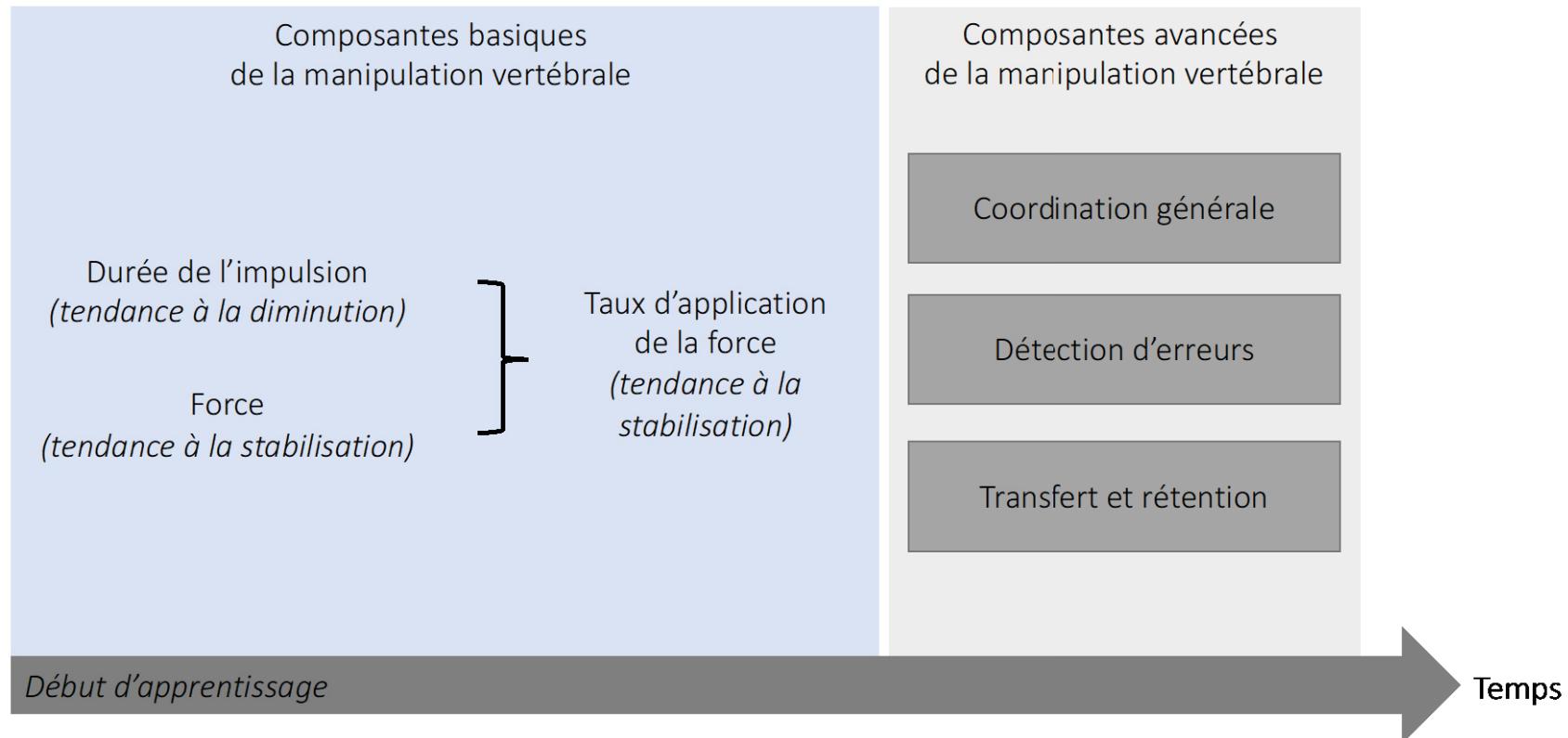


Figure 2.2 Modèle représentant l'apprentissage de la manipulation vertébrale adapté de Descarreaux and Dugas (2010).

2.1.4.1.4 La variabilité des paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale

Si la grande variabilité des paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale peut s'expliquer d'une part, par le niveau d'expertise du thérapeute, elle peut s'expliquer d'autre part, par la grande diversité de techniques utilisées, la position du patient, la région rachidienne ciblée, le contact utilisé, la symptomatologie du patient ou l'outil utilisé pour quantifier. A ce stade, seule l'utilisation d'instruments mécaniques ou encore de robots mimant la manipulation vertébrale HVLA permet de diminuer la variabilité inter et intra-thérapeute en contrôlant l'exécution des manipulations vertébrales et ainsi les forces appliquées. À titre d'exemple, Mikhail et al. ont étudié l'influence des caractéristiques anthropométriques sur les paramètres biomécaniques. Ils ont également décrit la différence entre la force mesurée à l'interface patient-table et la force appliquée à l'interface clinicien-patient lors d'une manipulation vertébrale HVLA et d'une mobilisation de la région rachidienne thoracique (Mikhail, Funabashi et al. 2020). Les résultats de cette étude montrent que les forces mesurées à l'interface patient-table sont légèrement supérieures (plus de 135N) aux forces appliquées à l'interface thérapeute-patient lors des manipulations et mobilisations thoraciques. De plus, les résultats suggèrent que les caractéristiques anthropométriques et l'activation musculaire n'ont pas d'influence sur la différence entre les forces appliquées à l'interface patient-table et thérapeute-patient.

2.1.4.1.5 L'évaluation de la manipulation vertébrale

Enfin, comme dans toutes performances, l'évaluation fait partie intégrante de l'apprentissage de tâche nouvelle. Elle est nécessaire pour juger la réalisation, identifier les points forts et les possibles lacunes afin d'améliorer le geste mais aussi d'orienter l'enseignement. Les intervenants en thérapie manuelle (thérapeutes comme enseignants) se sont donc intéressés à l'évaluation de la manipulation vertébrale. Dans le cadre de cette thèse, il est rapidement apparu essentiel de s'intéresser aux outils qui permettent d'évaluer les paramètres de la manipulation vertébrale. Ainsi, la prochaine section présentera brièvement les différentes approches subjectives et objectives utilisées pour l'évaluation de la manipulation vertébrale.

L'apprentissage de la manipulation vertébrale repose sur des bases empiriques. Classiquement, l'enseignement est caractérisé par un modèle, qui se divise en deux phases. Au cours de la première phase, les connaissances théoriques autour de la réalisation de la

manipulation vertébrale sont enseignées aux étudiants. Ensuite, dans une seconde phase, après une démonstration, les étudiants essaient d'imiter la procédure réalisée par l'enseignement. À force de répétitions et de feedback, l'étudiant progresse dans son apprentissage. Il est évalué à différentes étapes du processus. À ce jour, l'évaluation de la manipulation vertébrale repose essentiellement sur une évaluation visuelle et subjective de la performance de l'étudiant par l'enseignant.

A contrario, dans une pratique clinique, il est usuel de se fier à des indicateurs plus fonctionnels. Prenons comme exemple les amplitudes de mouvement qui sont décrites comme « fonctionnelles » ou « non fonctionnelles » ou la palpation segmentaire décrite comme « douloureuse » ou « non douloureuse ». Ces indicateurs peuvent aussi être représentés par la raideur rachidienne, ou la cavitation. En effet, la cavitation est l'un des critères les plus souvent utilisé pour juger de la réussite d'une manipulation vertébrale (Herzog 2010), bien qu'il soit toujours difficile d'identifier son origine avec exactitude (Dunning, Mourad et al. 2013, Kawchuk, Fryer et al. 2015).

Ainsi, même si les recherches précédentes ont permis d'améliorer l'apprentissage et les méthodes d'enseignement de la manipulation vertébrale, il n'existe pas à ce jour d'outil d'évaluation objectif et valide permettant de juger la performance de la manipulation vertébrale. On peut se questionner sur l'utilisation pertinente de ces outils d'évaluation objectifs développés au cours des dernières années dans le cadre d'évaluation des thérapeutes en devenir.

Dans le cadre de cette thèse, les travaux réalisés explorent comment l'évaluation conventionnelle, subjective et l'évaluation objective assistée par des outils peuvent être réunies.

2.1.5 Les mécanismes et effets de la manipulation vertébrale

Bien que de récents guides recommandent l'utilisation des traitements par manipulation vertébrale dans la prise en charge des douleurs rachidiennes (Qaseem, Wilt et al. 2017, Bussieres, Stewart et al. 2018), il est encore impossible de déterminer avec précision quel type de patient bénéficiera de l'intervention. En effet, les connaissances permettant d'expliquer les mécanismes et effets sous-jacents de la manipulation vertébrale sont limitées. La manipulation vertébrale peut être considérée comme une intervention dite « complexe ». Ce sont des interventions comportant plusieurs composantes en interaction. Cela peut inclure différents

aspects tels que le nombre et la variabilité des résultats et le degré de flexibilité ou d'adaptation que l'intervention permet (Craig, Dieppe et al. 2008).

Dans le contexte de cette thèse, les mécanismes et effets de la manipulation vertébrale seront énumérés, de manière générale, sans être détaillés. De plus, les mécanismes et effets abordés dans cette section seront dissociés de la relation dose-effet, dont les résultats sont présentés par l'entremise des différents travaux réalisés dans le cadre de cette thèse.

Grace aux données probantes disponibles sur le sujet, il est possible de distinguer majoritairement des effets neurophysiologiques ainsi que des effets biomécaniques. Ces effets ont pu être observés chez l'humain (*athlètes, individus asymptomatiques, et symptomatiques*) et chez l'animal.

En 2012, une revue narrative proposée par Passmore et al. faisait l'état des lieux de nombreuses mesures de résultats basées sur la performance utilisées pour mesurer objectivement l'effet de la manipulation vertébrale chez différentes populations (Passmore and Descarreaux 2012). Cette revue a permis d'orienter le choix des mesures de résultats les plus appropriées pour la mise en place d'études futures. Trois types de mesures ont été répertoriées : 1) les mesures de performances biomécaniques (*e.g. amplitudes de mouvements rachidiens ou rigidité vertébrale*) ; 2) les mesures de performances physiques et physiologiques (*e.g. production de force ou variabilité de la fréquence cardiaque*) et enfin, 3) les mesures de performance perceptivo-motrices (*e.g. la détection de stimulus et la réponse à ces stimulus*). Les mesures de résultats recensées dans cette revue narrative étant hétérogènes, les auteurs ont souligné l'importance de tester ces mesures de résultats objectives en condition adéquate, afin de s'assurer de leurs pertinences et leurs validités. Ce constat est soutenu par Corso et al. dans une revue systématique qui fait l'état des lieux des effets des manipulations vertébrales sur les mesures de résultats de la performance chez des adultes asymptomatiques (Corso, Mior et al. 2019). Corso et al., suggèrent que les études de ce domaine nécessitent plus de rigueur méthodologique, afin de s'assurer des propriétés des outils de mesures utilisés. Les auteurs classent les résultats principaux en mesures de résultats biomécaniques et physiologiques. Concernant les résultats biomécaniques, la revue rapporte des effets des manipulations vertébrales sur la force musculaire, avec notamment des augmentations de la contraction maximale volontaire. Les résultats concernant les changements d'amplitudes de mouvements à

la suite du traitement par manipulation vertébrale sont discordants d'un article à l'autre et ne permettent pas de conclure à un effet. Concernant les résultats physiologiques, la manipulation vertébrale ne semble pas affecter la fréquence cardiaque, la capacité respiratoire minimale, maximale et totale ou sur les mesures de quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut utiliser par unité de temps (VO_2). La majorité des études intégrée dans cette revue ne rapporte que des effets à court terme (immédiatement après l'intervention et jusqu'à une semaine) et ne permet pas de tirer de conclusion à long terme.

Une revue systématique et critique publiée en 2019 par Picchiotino et al. a fait l'état des lieux des effets spécifiques de la manipulation vertébrale sur les marqueurs de l'activité du système nerveux autonome (SNA) suite à des traitements de mobilisations ou de manipulations articulaires (Picchiottino, Leboeuf-Yde et al. 2019). Les résultats suggèrent que les manipulations vertébrales pourraient n'avoir aucun effet sur certains marqueurs de l'activité autonome (diamètre pupillaire, la concentration plasmatique) ainsi que sur les marqueurs de l'activité autonome cardiovasculaire (fréquence cardiaque, pression artérielle). Les résultats de cette étude sont classés comme étant de qualité très faible à faible, et les auteurs soulignent la nécessité d'approfondir les recherches sur le sujet.

D'un point de vue neurophysiologique, les mécanismes de modulation de la douleur ont été explorés dans le cadre de différentes études et certains auteurs proposent des modèles explicatifs pour mieux comprendre ces mécanismes et leurs effets cliniques (Bialosky, Beneciuk et al. 2018, Gyer, Michael et al. 2019, Gevers-Montoro, Provencher et al. 2021) . La manipulation vertébrale génère des effets sur le système nerveux périphérique (diminution des réponses pro-inflammatoires ou du stress oxydatif), sur les mécanismes de la moelle épinière (Inhibition de la sensibilisation centrale, sommation temporelle et processus nociceptifs) ainsi que sur les processus supraspinaux (Changement des influx nociceptifs cérébraux). Ces auteurs évoquent la possibilité que ces effets puissent avoir un lien avec les résultats cliniques observés comme la diminution de la douleur chez les patients atteints de TMS (Bialosky, Beneciuk et al. 2018, Gyer, Michael et al. 2019, Gevers-Montoro, Provencher et al. 2021).

Ces mécanismes de modulation la douleur seraient déclenchés par un stimulus mécanique, représenté par la manipulation vertébrale. Un modèle complet intégrant les mécanismes neurophysiologiques du soulagement de la douleur induits par les thérapies

manuelles a été proposé par Gevers-Montoro en 2021 (Gevers-Montoro, Provencher et al. 2021). Néanmoins, les mécanismes neurophysiologiques exacts par lesquels la manipulation vertébrale diminue les douleurs rachidiennes restent à établir.

Les études sur l'influence des paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale (*force de mise en tension, durée d'impulsion, force maximale appliquée*) ont montré que ces paramètres pouvaient moduler par exemple, les réponses musculaires, le déplacement vertébral et la rigidité vertébrale mais aussi les résultats cliniques par une diminution de la douleur ou l'amélioration de la capacité fonctionnelle.

D'une part, la variation des paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale peut modifier la réponse musculaire en diminuant ou en augmentant la fréquence de décharge des fuseaux musculaires des muscles paravertébraux (Nougarou, Dugas et al. 2013, Reed, Long et al. 2014). De manière générale, l'amplitude de la réponse musculaire augmente avec l'augmentation de la force maximale (Nougarou, Dugas et al. 2013), et diminue lorsque les forces de mise en tension (Nougarou, Dugas et al. 2014), et la durée de l'impulsion augmentent (Page, Nougarou et al. 2014). D'autre part, en ce qui concerne le mouvement vertébral, il augmente avec l'augmentation de la force maximale (Nougarou, Page et al. 2016) et la diminution de la force de mise en tension (Nougarou, Dugas et al. 2014).

Plus récemment, le concept de rigidité vertébrale décrit comme un déplacement de la colonne vertébrale et la résistance à ce mouvement (Snodgrass, Rivett et al. 2006) a été identifié comme un paramètre important dans la compréhension des mécanismes d'action de la manipulation vertébrale. Bien que très souvent utilisée par les thérapeutes manuels pour déterminer la zone rachidienne à manipuler, sa reproductibilité inter et intra-examinateur est faible (Koppenhaver, Hebert et al. 2014). Des outils mécaniques valides ont été développés afin de la mesurer dans le cadre de diverses études et divers contextes cliniques et expérimentaux (Young, Swain et al. 2020). Ainsi, des individus atteints de lombalgies non spécifiques présenteraient une rigidité vertébrale plus importante que celle mesurée chez des individus asymptomatiques, mais cela n'est pas systématique. Une diminution de la rigidité vertébrale est associée à la diminution de la douleur (Wong, Parent et al. 2015) ainsi qu'à la diminution de la capacité fonctionnelle (Wong, Parent et al. 2015, Stanton, Moseley et al. 2017), chez certains individus atteints de lombalgies non spécifiques lors d'une prise en charge par manipulation

vertébrale. Bien qu'une diminution de la rigidité vertébrale ait été observée chez des patients atteints de dorsalgies chroniques, au cours de séances par manipulation vertébrale (Page and Descarreaux 2019), les résultats sont discordants entre différentes études (Wong, Parent et al. 2015, Page and Descarreaux 2019). De plus, les mesures de rigidité vertébrale, objectives et subjectives, mesurées grâce à des outils, comparées à celles mesurées par des questionnaires auto-rapportés ne peuvent être corrélées (Nielsen, Glissmann Nim et al. 2020). Les mécanismes générant des variations de la rigidité vertébrale entre les individus sont à ce jour méconnus.

Les manipulations vertébrales entraînent, chez les animaux, une mise en charge des structures passives, notamment au niveau des disques intervertébraux, des capsules articulaires ainsi que des ligaments présents au niveau de la pince vertébrale (Funabashi et al., 2017).

Bien que les modèles animaux présentent certaines limites quant à la transposition des résultats à l'humain, ils permettent de faire progresser la compréhension des mécanismes engendrés au cours et à la suite d'une manipulation vertébrale. Une revue intégrative proposée par Lima et al. (2020) dresse un état des lieux des réponses physiologiques observées à la suite de manipulations vertébrales réalisées chez les animaux (Lima, Martins et al. 2020). Les auteurs ont identifié quatre types de changements : 1) des modifications de l'activité du fuseau musculaire, 2) des modifications de l'activité neuronale, mais aussi 3) des changements électromyographiques et enfin, 4) des changements de la réponse immunologique. Par exemple, des augmentations significatives de la décharge du fuseau musculaire ont été observées lorsque la force de mise en tension et la durée d'application de cette force sont augmentées (Reed, Long et al. 2014). Les manipulations vertébrales mécaniquement assistées génèrent des impulsions très courtes (2-3ms). Après application, ils sont responsables d'une diminution de la décharge du fuseau musculaire (Reed, Pickar et al. 2017).

Une revue de la littérature publiée par Rubinstein et al. qui explore les bénéfices de la manipulation vertébrale (HVLA), suggère que cette dernière aurait des effets sur la douleur ainsi que la capacité fonctionnelle (Rubinstein, de Zoete et al. 2019). Cependant les essais cliniques randomisés à la base de ces recommandations sont très hétérogènes. Plusieurs études sont classées comme étant de qualité faible à modérée ce qui limite la force des conclusions et des recommandations qui peuvent être tirées de ces études. D'autre part, malgré cette notion

d'efficacité au cours du temps, il n'y pas d'indication concernant le nombre de traitement et la dose à préconiser.

Bien qu'il y ait des hypothèses sur la nature des réponses générées par la manipulation vertébrale, ses mécanismes restent à être identifiés. Un défi supplémentaire réside dans le fait que cette approche peut être influencée par les caractéristiques du patient, du thérapeute, de l'environnement et l'interaction de ces différents éléments entre eux. Une compréhension globale de ces facteurs et de leurs interactions permettrait d'affiner le diagnostic, de classer les patients en sous-groupes permettant de les orienter au mieux vers le traitement adéquat.

2.1.6 Le traitement par manipulation vertébrale : réponse clinique et dose

2.1.6.1 Déterminants de la réponse clinique et règles de prédiction clinique

Le modèle traditionnel d'une prise en charge repose sur un ensemble comprenant le diagnostic, le pronostic et enfin le traitement. Devant l'augmentation considérable des coûts générés par certaines affections et notamment les douleurs rachidiennes, certains gouvernements et leurs systèmes de soins demandent de réévaluer les pratiques. Le but étant, d'avoir des thérapies donnant de meilleurs résultats tout en étant plus sûres et moins coûteuses (Briggs, Woolf et al. 2018, Briggs, Jordan et al. 2021). D'une part, comme mentionné dans la section « douleurs rachidiennes », il est souvent difficile d'établir précisément l'étiologie et la physiopathologie sous-jacentes aux douleurs rachidiennes. D'autre part, le défi réside dans la prise en charge efficiente de ces douleurs rachidiennes. En effet, l'heure est au constat, et de nombreux auteurs soulignent des prescriptions inappropriées d'imageries diagnostiques ou encore de thérapeutiques comme les opioïdes qui ne reflètent que le début d'une longue liste (Jenkins, Downie et al. 2018, Lin, Wiles et al. 2019, Buchbinder, Underwood et al. 2020).

Longtemps considéré comme l'élément principal, le diagnostic laisse donc peu à peu une place importante au pronostic. La recherche pronostique, partie intégrante de l'épidémiologie clinique, tente de mieux comprendre les problèmes complexes et multidimensionnels dans le domaine de la santé. Elle doit permettre de décrire l'évolution d'une maladie après son diagnostic en essayant de déterminer les facteurs responsables des différents résultats observés (complications, guérison, ou encore décès) (Riley 2019).

L'établissement d'un pronostic juste et basé sur les données probantes est essentiel au thérapeute dans sa pratique clinique, et ce, de manière quotidienne. Il est important grâce à un pronostic précis, d'identifier et d'interpréter les déterminants d'une condition, d'être en mesure d'informer le patient de l'évolution possible de sa condition et d'émettre des recommandations qui ont un fondement scientifique solide. Ainsi, la recherche pronostique permet de mettre en lumière les déterminants ainsi que les éventuelles conséquences d'une condition qui pourront influencer le clinicien dans ses décisions thérapeutiques futures.

Concernant les douleurs rachidiennes, la recherche pronostique tente d'établir d'une part, les facteurs pronostiques conditionnant l'évolution de la maladie, en tenant compte des caractéristiques du patient mais aussi des facteurs environnementaux. La modélisation du pronostic d'une personne peut s'appuyer sur toute la gamme des informations pertinentes et disponibles, tant cliniques que non cliniques. D'autre part, la recherche pronostique tente d'identifier les facteurs prédisant la réponse à un type de traitement afin, à terme, de cibler les interventions, pour améliorer les résultats et ainsi optimiser l'offre de soins en ciblant les interventions proposées aux patients (Riley 2019).

Les facteurs pronostiques tels que la douleur généralisée, l'incapacité fonctionnelle élevée, la somatisation, l'intensité élevée de la douleur et la présence d'épisodes douloureux antérieurs sont tous considérés comme associés aux affections musculosquelettiques y compris les douleurs rachidiennes (Artus, Campbell et al. 2017). Plus récemment, une revue intégrative a évalué l'état des connaissances à l'égard des facteurs pronostiques qui permettraient de prédire les résultats de douleur, d'invalidité et de retour au travail ou d'absence de travail chez les populations souffrant de douleurs cervicales et lombaires (Mansell, Corp et al. 2021). Sept facteurs ont été identifiés de manière constante dans la littérature scientifique et jugés de qualité modérée. Ainsi, la capacité fonctionnelle, la santé mentale, l'intensité ou sévérité de la douleur, les stratégies d'adaptation (coping), les attentes d'amélioration ou de résultats et le concept de peur-évitement ont tous été identifiés comme des facteurs pronostiques importants des douleurs cervicales et lombaires (Mansell, Corp et al. 2021).

Les facteurs pronostiques identifiés chez un patient permettent d'établir le risque de mauvais pronostique ou les différents résultats cliniques possibles. Ces facteurs peuvent être regroupés dans des outils d'évaluation standardisés permettant d'obtenir des scores

pronostiques, ou sous forme de règles de prédiction clinique qui guideront les cliniciens afin de trier les informations pertinentes à la prise en charge d'un patient. Ces outils permettent aussi de catégoriser les patients en sous-groupes en fonction de la probabilité de survenue d'évènement bon ou mauvais durant l'évolution de la condition (individus répondants ou non-répondants à un traitement). Les réponses au traitement sont souvent établies en fonction du changement clinique minimal (MIC) correspondant au plus petit changement perçu d'une mesure de résultat auto-rapportée par le patient et considéré comme une amélioration cliniquement importante (Tubach, Giraudeau et al. 2009, Riley 2019).

Au cours de la dernière décennie, des études pronostiques portant sur les manipulations vertébrales ont été menées (Puentedura, Cleland et al. 2012). L'identification des patients les plus susceptibles de répondre à un traitement pourrait améliorer l'efficacité clinique de cette pratique et l'utilisation des ressources de manière générale. Plusieurs règles de prédiction clinique visant à identifier les patients bénéficiant de la manipulation vertébrale ont vu le jour. Leurs validations et leurs implémentations en milieu clinique sont encore nécessaires afin de pouvoir être utilisée dans une pratique quotidienne (Flynn, Fritz et al. 2002, Childs, Fritz et al. 2004, Puentedura, Cleland et al. 2012, Vavrek, Haas et al. 2015). En effet, la validation d'une règle de prédiction clinique ou d'un modèle nécessite de confirmer les étapes d'explorations (Hayden, Cote et al. 2008, Riley 2019). Ces études incluent généralement 3 à 6 facteurs cliniques dans leur modèle qui correspondent généralement à des caractéristiques du patient telles que la durée de la douleur et l'incapacité avant le traitement mais aussi l'âge et le genre, par exemple. D'autres modèles, plus récents, tenant compte de prédicteurs biomécaniques et physiologiques ont été proposés et seront abordés dans la discussion (Hadizadeh, Kawchuk et al. 2020, Nim, Kawchuk et al. 2021). De façon générale ces études montrent que l'identification des caractéristiques des patients qui permettraient de prédire la future réponse à un traitement est une piste prometteuse.

2.1.6.2 Concept de dose : du dosage et de la fréquence

Dans le domaine biomédical, le traitement proposé correspond à l'ensemble des moyens utilisés pour guérir et peut prendre différentes formes (e.g. médicamenteuse, chirurgicale, manuelle) (Daphne B. Moffett 2015). Le traitement est prescrit de manière adaptée, selon une

posologie, tenant compte des caractéristiques de la population cible telles que l'âge, le sexe ou encore les organes ciblés. Plus particulièrement en pharmacologie, la prescription d'un traitement se caractérise par la posologie d'une part, autrement dit le dosage à administrer. D'autre part, on distingue la fréquence du traitement ou le nombre de dosage à administrer sur une période donnée pour observer des effets. Ces deux critères définissent la dose. La relation dose-effet, très souvent décrite en pharmacocinétique, conditionne alors la ou les réponses clinique(s), mais aussi physiologique(s) voulant être obtenue(s)/observée(s) pour améliorer la symptomatologie tout en évitant les effets secondaires (Daphne B. Moffett 2015). Il s'agit donc du plus bas dosage pour obtenir un effet et du plus haut dosage avant la survenue d'effets secondaires (*Figure 2.3*). Ainsi, l'effet thérapeutique du traitement se définit comme une amélioration mesurable, immédiate ou retardée, transitoire ou définitive, de l'état de santé ou du bien-être d'un sujet en rapport avec l'utilisation d'un médicament (Ministère de la Santé 2016).

Le concept de prescription ou dose (dosage + fréquence) de traitement est peu décrit dans le domaine de la chiropratique ou de manière générale en thérapie manuelle. À ce jour, il n'existe aucune recommandation décrivant le dosage à appliquer lors de la prise en charge de TMS ou le nombre de séances nécessaires pour obtenir des résultats. Communément, les thérapeutes établissent des « plans de traitements » basés principalement sur leur expérience personnelle. Les soins prodigues sont modulés en fonction des symptômes du patient et de leurs réponses au traitement. Il existe aussi une certaine hétérogénéité et un manque de consensus concernant les définitions des concepts de dose, dosage et fréquence au sein de la littérature. Si le dosage correspond à un nombre de manipulations vertébrales par semaine pour certains (Haas, Vavrek et al. 2014), il correspond à la quantité de force appliquée par manipulation vertébrale pour d'autres (Colloca, Keller et al. 2004). De plus, il semble difficile d'établir une relation entre la dose et les réponses cliniques observées à la suite d'un traitement par manipulation vertébrale au même titre qu'il est difficile d'établir les mécanismes responsables de ces réponses.

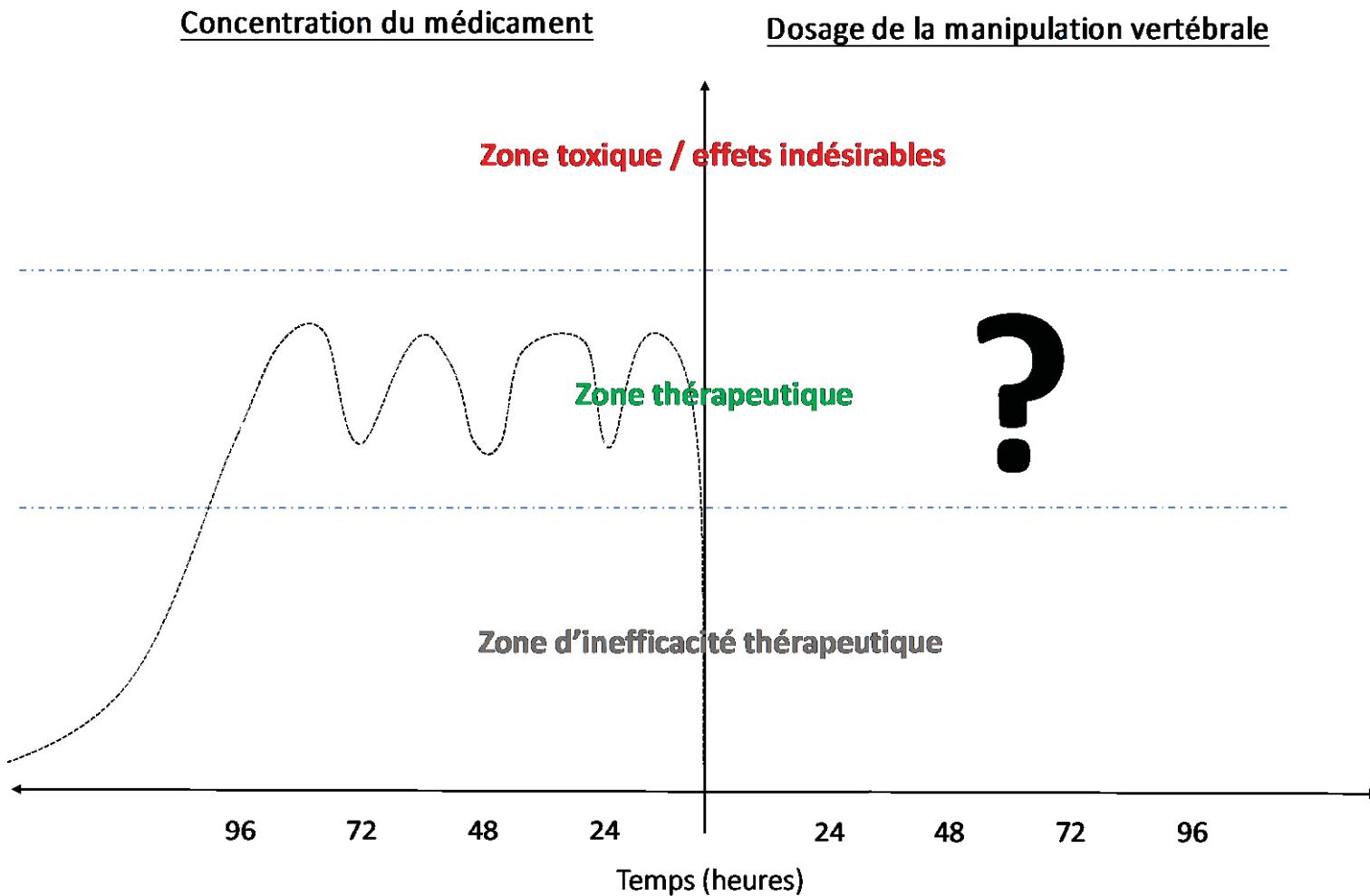


Figure 2.3 Exemple de relation dose-effet en pharmacocinétique et dans le contexte de la manipulation vertébrale.

Chapitre 3 – Article I - Spinal manipulation frequency and dosage effects on clinical and physiological outcomes: a scoping review.

Ce chapitre inclut le premier article de la thèse qui a été publié dans la revue « Chiropractic and Manual Therapies », en 2019.

Mégane Pasquier^{1,2*}, Catherine Daneau³, Andrée-Anne Marchand¹, Arnaud Lardon^{2,4,5} and Martin Descarreaux³. Spinal manipulation frequency and dosage effects on clinical and physiological outcomes: a scoping review. Chiropr Man Therap. 2019 May 22;27:23. doi: 10.1186/s12998-019-0244-0. PMID: 31139346; PMCID: PMC6530068.

Affiliations des auteurs :

¹Département d'anatomie, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada

²Institut Franco-Européen de Chiropraxie, Ivry-sur-Seine, France

³Département d'Activités Physiques, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada.

⁴CIAMS, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Orsay, France.

⁵CIAMS, Université d'Orléans, Orléans, France.

Résumé

Introduction : Le fardeau des troubles musculosquelettiques augmente chaque année, les douleurs lombaires et cervicales sont considérées comme les motifs de consultations en thérapie manuelle les plus fréquemment recensés. Ces dernières années, la recherche en thérapie manuelle a commencé à explorer la relation dose-réponse entre les caractéristiques du traitement par manipulation vertébrale et la réponse clinique et physiologique au traitement.

Objectif : Le but de cette revue de la portée était d'identifier et d'évaluer l'état actuel des connaissances scientifiques concernant les effets de la fréquence et de la posologie des manipulations vertébrales sur les réponses cliniques et physiologiques.

Méthodes : Une revue de la portée a été menée pour identifier toutes les études disponibles se rapportant à cette question de recherche. Les articles identifiés ont été sélectionnés en utilisant une méthode en 2 phases selon un tri sélectif des titres et des résumés. Les études potentiellement pertinentes ont été lues et les données ont été extraites pour toutes les études incluses. La qualité ainsi que les risques de biais des essais contrôlés randomisés ont été évalués à l'aide de l'outil Cochrane.

Résultats : La recherche a identifié 4854 publications dont 32 qui ont été considéré pour l'extraction. Les résultats ont été triés par dosage ou fréquence, et divisés en études humaines ou animales. Les études animales se sont principalement concentrées sur le dosage et ont évalué uniquement les résultats physiologiques. Les études portant sur les effets du dosage de la manipulation vertébrale ont impliqué des recherches sur l'homme et l'animal et ont montré que des forces de poussée variables ou des durées de poussée peuvent avoir un impact sur le déplacement vertébral, l'amplitude de la réponse musculaire ou l'activité du fuseau musculaire. L'analyse du risque de biais a indiqué que seuls deux essais cliniques évaluant les effets de fréquence présentaient un faible risque de biais. Bien que des tendances à l'amélioration aient été observées et indiquaient que l'augmentation du nombre de visites incluant un traitement par manipulation vertébrale sur une courte période (quelques semaines) diminuait la douleur et améliorait l'incapacité, les différences entre les fréquences de traitement étudiées n'étaient souvent pas statistiquement significatives et donc cliniquement non significatives.

Conclusion : Les résultats de cette étude ont montré que les effets du dosage et de la fréquence de la manipulation vertébrale ont été principalement étudiés au cours des deux dernières décennies. Les définitions de ces deux concepts diffèrent cependant selon les études. Dans l'ensemble, les résultats ont montré que la fréquence du traitement n'affecte pas de manière significative les résultats cliniques pendant et après une période de traitement par manipulation vertébrale. Les effets de dosage influencent clairement les réponses physiologiques à court terme au traitement par manipulation vertébrale, mais les relations entre ces réponses et les résultats cliniques restent à étudier.

Mots clés : Manipulation vertébrale, dosage, Fréquence, Réponse clinique, Examen de la portée

Abstract

Introduction: The burden of musculoskeletal disorders increases every year, with low back and neck pain being the most frequently reported conditions for seeking manual therapy treatment. In recent years, manual therapy research has begun exploring the dose-response relationship between spinal manipulation treatment characteristics and both clinical and physiological response to treatment.

Objective: The purpose of this scoping review was to identify and appraise the current state of scientific knowledge regarding the effects of spinal manipulation frequency and dosage on both clinical and physiological responses.

Methods: A scoping review was conducted to identify all available studies pertaining to our research question. Retrieved papers were screened using a 2-phase method, a selective sorting with titles and abstracts. Potentially relevant studies were read, and data was extracted for all included studies. Randomized control trials were assessed using the Cochrane Risk of Bias Tool for quality assessment.

Results: The search yielded 4854 publications from which 32 were included for analysis. Results were sorted by dosage or frequency outcomes and divided into human or animal studies. Animal studies mainly focused on dosage and evaluated physiological outcomes only. Studies investigating spinal manipulation dosage effects involved both human and animal research, and showed that varying thrust forces, or thrust durations can impact vertebral displacement, muscular response amplitude or muscle spindle activity. Risk of bias analysis indicated only two clinical trials assessing frequency effects presented a low risk of bias. Although trends in improvement were observed and indicated that increasing the number of SM visits in a short period of time (few weeks) decreased pain and improve disability, the differences between the studied treatment frequencies, were often not statistically significant and therefore not clinically meaningful.

Conclusion: The results of this study showed that SM dosage and frequency effects have been mostly studied over the past two decades. Definitions for these two concepts however differ

across studies. Overall, the results showed that treatment frequency does not significantly affect clinical outcomes during and following a SM treatment period. Dosage effects clearly influence short-term physiological responses to SM treatment, but relationships between these responses and clinical outcomes remains to be investigated.

Keywords: Spinal manipulation, Dosage, Frequency, Clinical response, Scoping review

Introduction

Musculoskeletal disorders represent a major public health issue. According to the 2016 Global Burden of Diseases Study, back and neck pain rank among the top five disorders with regard to years lived with disability, and the related expenses increase every year (Vos, Abajobir et al. 2017). Disability-Adjusted Life Years (DALYs) associated to low back and neck pain keep rising every decade, with an estimated increase of about 30 million people affected between 1990 and 2016. Moreover, a recent special issue published in the Lancet highlighted the fact that disability related to low back pain is projected to increase in low-income and middle-income countries, where resources and quality healthcare are limited, but also where back and neck have been far less studied (Hartvigsen, Hancock et al. 2018).

Several evidence-based practice guidelines for back and neck pain management have been published in the last decade (Chou, Huffman et al. 2007, Bussieres, Stewart et al. 2016, Qaseem, Wilt et al. 2017, Bussieres, Stewart et al. 2018).

They clearly highlight the complex nature of back and neck pain clinical management while providing guidance and potential care pathways for patients-clinicians shared decision-making. Although most of these recent guidelines are based on low to moderate evidence, the vast majority of them suggests that conservative treatments, including manual therapies, are effective options to treat acute, subacute, and chronic spinal disorders.

Manual therapies are used by many professionals around the world. Among these therapies, chiropractic is widely used. And according to Beliveau et al., low back pain (49,7%) is the first complaint that drives patients to chiropractic offices, followed by neck pain (22,5%) and extremity disorders (10%) (Beliveau, Wong et al. 2017, Vos, Abajobir et al. 2017). Spinal manipulation (SM) is defined as a thrust of high velocity and low amplitude delivered to the spine using a specific contact in order to provide mobility to a joint (Herzog 2010). It is the most common tool used by chiropractors to treat patients as 79% reported using this treatment modality on a regular basis (Beliveau, Wong et al. 2017). Although current evidence suggests that SM can yield positive clinical outcomes such as reducing pain and disability, current knowledge regarding the underlying mechanisms leading to such clinical responses is scarce (Chou, Huffman et al. 2007, Bussieres, Gauthier et al. 2017).

From a medial perspective, the effectiveness of a treatment is commonly contingent on the patient's compliance and persistence, which are characterized by the patient adherence to the treatment prescription. The prescription is first defined by the treatment dosage. Dosage conditions the response or the pattern of the physiological response, for which there is a threshold defining the lower and higher dosages that can be prescribed to have a positive effect and to avoid an adverse event (Daphne B. Moffett 2015). The prescription is also defined by the dose frequency, which is the number of times a substance is administered within a specific time period, or the number of doses administered over a specific time interval. Prescription, however, is not a construct commonly used within the context of SM.

Recent studies have showed that SM physiological and biomechanical effects can be characterized based on SM force-time profiles using biomechanical parameters such as thrust force, preload force, thrust duration and rate of force application (Page, Nougarou et al. 2016). However, the relation between dose, frequency and treatment outcome remains unknown.

Moreover, there is no known standard regarding the number of SM treatments that should be administered in the management of a given condition. In clinical practice, the frequency of treatments depends mostly on the clinician's personal experience. Chiropractors adapt their treatments according to the patients' symptoms presentation. In fact, their treatments are modulated based on the individual's conditions and symptoms as well as their also response to treatments. Despite the number of studies published in the past few years trying to define SM treatments focusing on physiological effects of variable dose on animals or variable frequency in human, there is a lack of evidence regarding how many SM treatments over a given period are required and what dosage should be used.

The purpose of this scoping review is therefore to evaluate the current state of scientific knowledge regarding the effect of SM frequency and dosage on both clinical and physiological responses. Specifically, the primary objective is to identify all clinical and physiological outcomes specific to SM frequency and dosages effects. The secondary objective is to report on the clinical and physiological effects of frequency and dosages. The third objective is to document all adverse events.

Methods

A scoping review was chosen as the most appropriate methodology to answer such a broad research question and capture the breadth of information on a topic that has been studied through diverse and heterogeneous designs. It identifies gaps in current knowledge in order to inform future research studies. This scoping review was based on the framework from Levac et al. using a 5-step method review (Levac, Colquhoun et al. 2010).

Step 1: identifying the research question

This scoping review was conducted to answer the following research question: what is the current state of scientific knowledge regarding the effect of SM treatment frequency and dosage on both clinical and physiological responses?

Step 2: identifying relevant studies

The search strategy was developed in collaboration with a university librarian and conducted using the following databases: MEDLINE, CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature), ICL (Index to Chiropractic Literature), MANTIS (Manual, Alternative and Natural Therapy Index System) and Cochrane Central Register of Controlled Trials. Databases were searched from inception up to September 2017. A combination of the following indexing terms (MESH or non-MESH) relevant to our research theme was used: musculoskeletal manipulation, dose-response or dosage, and frequency. The authors also searched for additional data sources from google scholar, conference abstracts and proceedings, references from unpublished data, and book chapters. An Endnote (version X8.2, Clarivate Analytics©, Boston MA, USA) library was created to import all search results and remove any duplicates.

Step 3: study selection

Inclusion and exclusion criteria

To be included, the studies had to be published in a peer-reviewed journal and written in English, French or Spanish language. We considered for inclusion human-based studies (without any age limits) and studies involving animal models. Studies also had to involve any form of SM (including mobilization) as well as a modulation and a quantification of at least one parameter of

treatment frequency or dosage. All included studies had to match the following operational definitions for frequency and dosage:

1) SM dosage was defined as any quantified biomechanical parameters derived from the SM force-time profile such as the preload force, the thrust force, and the duration or rate of force application.

2) SM frequency was defined as the number of SM treatment delivered over a given period of time.

To be included, a study had to include within or between group comparison of different SM dosages or different SM treatment frequencies. The following types of publication were excluded: practice guidelines, unpublished manuscripts, dissertations, government reports, books or book chapters, and conference proceedings.

Screening and agreement

We used a 2-phase screening process to select eligible studies. A pair of reviewers (MP, CD) independently screened the search results, using an Excel spreadsheet for both phases. The first phase (I) aimed at determining the study eligibility using titles and abstracts only. Studies were then classified as relevant, possibly relevant and irrelevant. The second phase (II) involved a full-text screening of the relevant and possibly relevant studies to identify the final list of articles from which data was extracted for this review (Fig. 1.). For each of these phases, a third reviewer (AAM) was asked to solve any disagreement during the consensual screening process.

Step 4: charting the data

In order to extract and sort the data from relevant studies, a Word table was created; it included the following items: authors and year of publication, study design, purpose of the study, sample size, treatment protocol, groups or experimental conditions, outcomes measures, clinical or physiological effects, and adverse events. From the papers included in the phase II of the screening process, three articles were selected to test the data extraction table. Data extraction was completed by one investigator (MP) and double-checked by a second investigator (AL), who was not involved in the earlier stages of the selection.

Step 5: collating, summarizing and reporting the results

A descriptive analysis was made to detail the search results including the number of papers kept for analysis, their year of publication and study design. The summary of the evidence table was divided into two sections, the first half being dedicated to the dosage studies and the second half to the frequency studies. Data for humans and animals were summarized separately due to the nature of the respective study outcomes. In order to provide a quality assessment of randomized control trials (RCT), all frequency studies (six publications) were submitted to the Cochrane Risk of bias tool (World Health Organization 2005). Two assessors (MP and AAM) independently evaluated the following items: random sequence generation, allocation concealment, selective reporting, blinding of participants and personnel, blinding of outcome assessment, incomplete outcome data, and other bias. During the assessment of each article, if information related to a specific item was not available, the item was rated as unclear. The overall number of high or unclear risk of bias allowed a final judgment for each paper evaluated. For dosage studies, quality assessment analysis was not possible due to the heterogeneity in study design and research questions.

Results were then sorted by themes of interest: “frequency studies” or “dosage studies”. In order to answer our search question, all the pertinent outcomes were listed in two categories, clinical or physiological outcomes.

Results

Descriptive numerical analysis

A total of 4854 articles were identified from the literature search. Following the removal of duplicates ($n = 954$), 3868 papers were excluded and 32 fulfilled the selection criteria. No article was retrieved from the additional data sources. Figure 3.1 presents the flowchart of studies selection and inclusion.

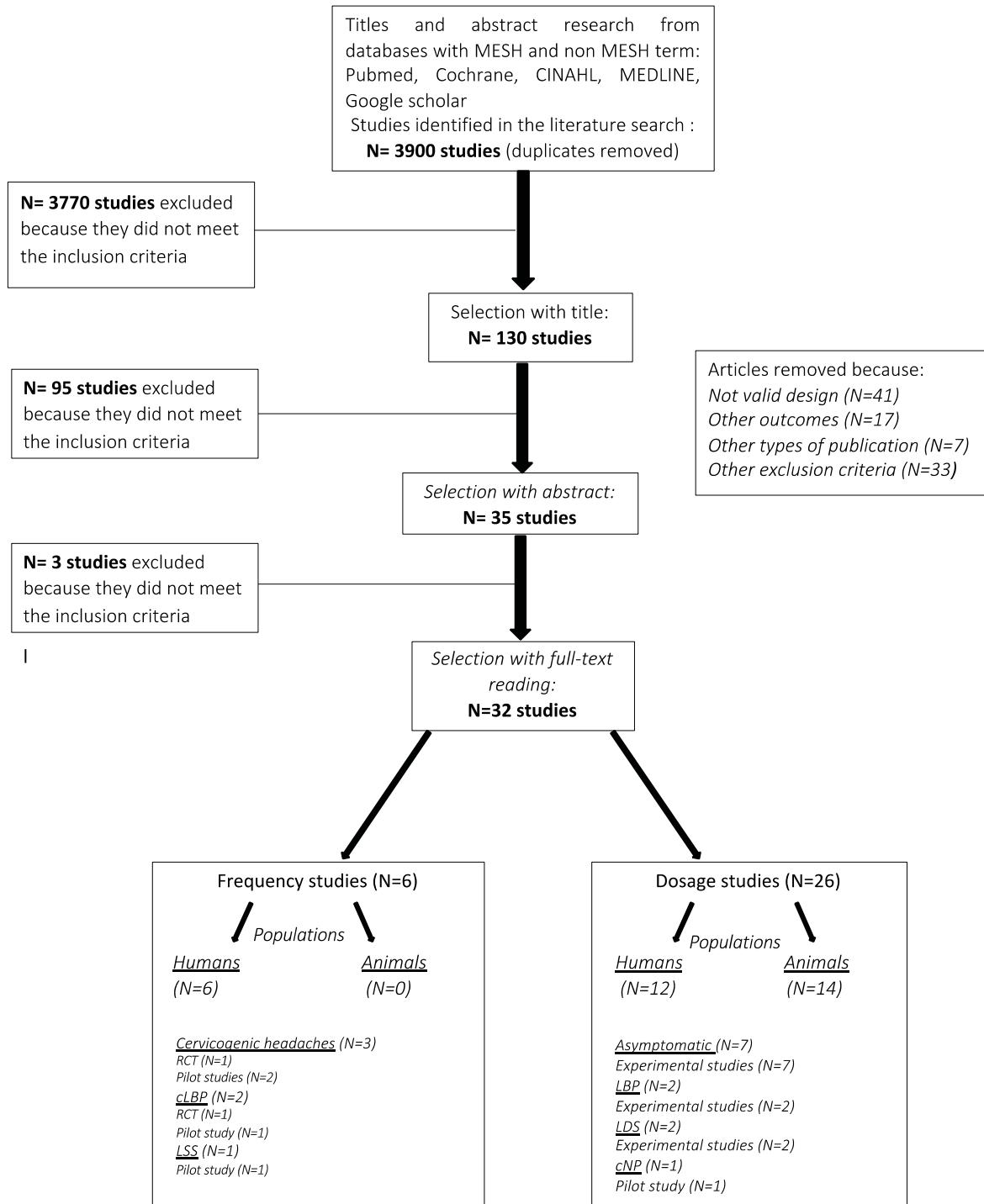


Figure 3.1 Flowchart diagram

CGH: Cervicogenic Headache; LBP: Low back Pain; LSS: Lumbar Spinal Stenosis; LDS: Lumbar decompression Surgery.

Out of the 32 studies included for this scoping review, 22 were experimental studies, seven were RCT, two were crossover studies, and one was a non-randomized control trial.

Six studies (Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Spegman et al. 2010, Cambron, Schneider et al. 2014, Haas, Vavrek et al. 2014, Haas, Bronfort et al. 2018) focused on frequency outcomes and compared the effects of a specific number of SM treatment (from 1 to 18) delivered over a given period of time (from 3 to 8 weeks). All these studies were randomized control trials conducted on human participants with either cervicogenic headaches (Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Spegman et al. 2010, Haas, Bronfort et al. 2018), chronic low back pain (Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Vavrek et al. 2014) or lumbar spine stenosis (Cambron, Schneider et al. 2014), with the main outcomes being self-reported levels of pain and disability. Duration of treatment varied between 3, 6 or 8 weeks. Two studies reported post-manipulation outcomes only whereas four studies also included a 12, 20, 24 or 52-week follow-up measure.

On the other hand, 26 studies focused on dosage outcomes where biomechanical parameters derived from the SM force-time profile were used to set and compare dosages. Twelve studies involved human participants (Gudavalli, Salsbury et al. , Krouwel, Hebron et al. , Keller and Colloca 2000, Colloca, Keller et al. 2003, Colloca, Keller et al. 2004, Willett, Hebron et al. 2010, Pentelka, Hebron et al. 2012, Nougarou, Dugas et al. 2013, Nougarou, Dugas et al. 2014, Page, Nougarou et al. 2014, Nougarou, Page et al. 2016, Page, Nougarou et al. 2016) and 14 were animal-based studies (Colloca, Keller et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006, Pickar and Kang 2006, Pickar, Sung et al. 2007, Vaillant, Edgecombe et al. 2012, Cao, Reed et al. 2013, Reed, Cao et al. 2013, Reed, Long et al. 2014, Reed, Pickar et al. 2014, Reed, Sozio et al. 2014, Reed, Liebschner et al. 2015, Funabashi, Nougarou et al. 2017, Reed, Pickar et al. 2017). No cadaver studies were included following the study selection process since they did not meet our inclusion criteria. Spinal manipulations were delivered in different ways including the use of: [1] research-developed mechanical apparatus ($n = 18$); [2] manual high-velocity low-amplitude SM ($n = 5$); [3] common clinical tools such as activator or impulse devices ($n = 5$, 4] manual mobilizations based on Maitland grades ($n = 2$, 5] flexion-distraction table ($n = 2$).

The Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics was the main scientific journal where the SM treatments frequency and dosage studies were published, with a total of 15 articles. Figure 3.2 presents all included studies based on peer-reviewed publication journals.

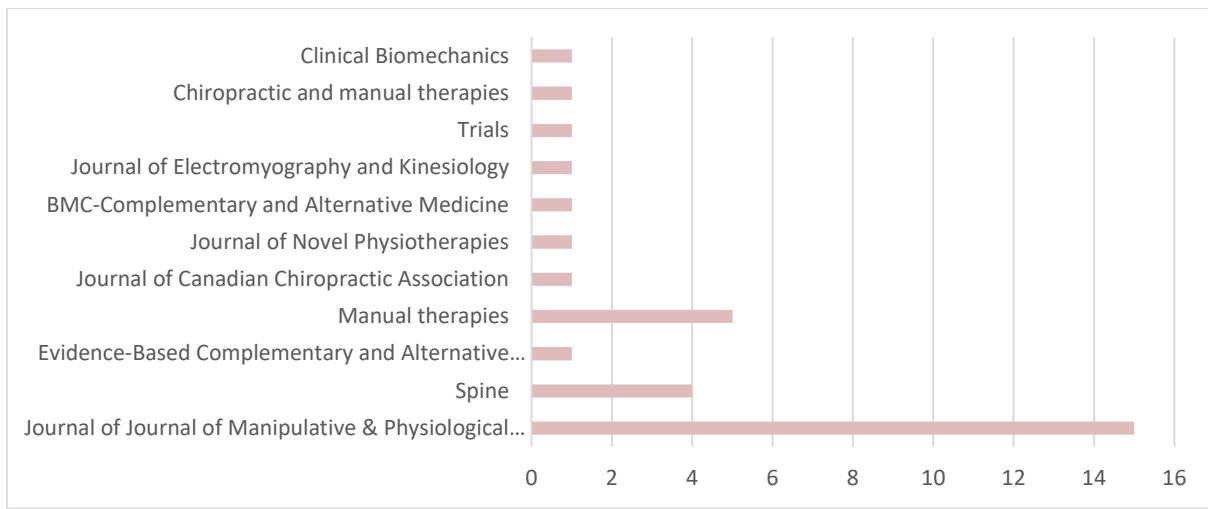
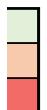


Figure 3.2 Number of included studies per peer-reviewed journal

Risk of bias assessment for randomized control trials

Seven randomized control trials were assessed for quality, of which six, reported on the effects of SM frequency (Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Spegman et al. 2010, Cambron, Schneider et al. 2014, Haas, Vavrek et al. 2014, Haas, Bronfort et al. 2018) including four pilot studies (Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Spegman et al. 2010, Cambron, Schneider et al. 2014) and one reported on the dosage effects (Gudavalli, Salsbury et al.). Four studies (Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Groupp et al. 2004, Haas, Spegman et al. 2010, Cambron, Schneider et al. 2014) presented a high risk for other bias because they did not report an a priori sample size calculation and included between 24 to 80 participants. Five studies had one or two unclear risks of bias for reasons related to randomization, blinding of participants and personnel, or blinding of outcome assessment, which lowered the confidence in the overall reported effects. Finally, two studies were rated as having a low risk of bias (Haas, Vavrek et al. 2014) (Haas, Bronfort et al. 2018). Table 3.1 summarizes the risk of bias for each of the RCTs.

	RANDOM SEQUENCE GENERATION	ALLOCATION CONCEALMENT	SELECTIVE REPORTING	BLINDING OF PARTICIPANTS AND PERSONNEL	BLINDING OF OUTCOME ASSESSMENT	INCOMPLETE OUTCOME DATA	OTHERBIAS
CAMBIRON et al. (2004)	Unclear risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Unclear risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	High risk of bias
HAAS et al. (2004) - CGH	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	High risk of bias
HAAS et al. (2010) - CGH	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Unclear risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	High risk of bias
HAAS et al. (2018) - CGH	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias
HAAS et al. (2004) - LBP	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Unclear risk of bias	Unclear risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias
HAAS et al. (2014) - LBP	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias
GUDAVALLI et al. (2015)	Unclear risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	Low risk of bias	High risk of bias



 Low risk of bias

 Unclear risk of bias

 High risk of bias

Tableau 3.1 Cochrane risk of bias tool assessment of randomized control trials

Thematical analysis of findings

Frequency studies

Cervicogenic headache

Three studies investigated the effect of the number of SM on cervicogenic headache (CGH). A randomized control trial by Haas et al. (2004) ($N = 24$) compared three different SM treatment frequencies (1, 3 or 4 times/week) over a 3-week period. Headache-related pain and disability decreased in people who received a total of 3 treatments and 4 treatments per week compared to one treatment per week. There was no significant between-group difference regarding neck pain and disability (Haas, Groupp et al. 2004). A randomized control trial from Haas et al. (2010) ($N = 80$) compared, over an 8-week period, four groups receiving either 8 or 16 SM treatments and 8 or 16 light massage (LM) treatments. Results showed that the two SM treatment frequencies yielded similar results for CGH pain and disability. Improvement in pain and disability were statistically and clinically higher in SM groups compared to LM. Again, the number of days with headache episodes decreased significantly more in SM groups compared to LM groups but no frequency effect was observed.

A pilot of a randomized control trial from Haas et al. (2018) ($N = 256$) compared the effect of different SM treatment frequency alone and combined with LM over a 6-week period (Haas, Bronfort et al. 2018). The study involved 256 participants divided into four groups receiving: [1] 0 SM + 18 LM; [2] 6SM+12LM; [3] 12SM+6LM or [4]18SM +0 LM. The results showed that the number of days with cervicogenic headaches decreased for all groups and that the most significant reduction occurred in 18 SM visits compared to LM. Differences between the three frequency groups, however, were not statistically different. There was no significant between-group difference regarding cervicogenic headache pain intensity and improvement was only observed for CGH disability of all 3 SM groups when compared to the control group.

Chronic low back pain

Two studies investigated the effect of treatment frequency in patients with chronic low back pain. A pilot study from Haas et al., (2004) compared the number of SM treatments (alone or combined with physical modalities) over a 3-week period with a sample size of 70 participants. Four groups received 1 to 4 treatments per week. Low back pain intensity and associated disability were assessed over 12 weeks. Results showed that there was a significant number of treatment effect (regardless of the use of physical modalities) regarding disability. Indeed, compared to baseline, disability improved at 4 and 12 weeks with a higher effect of frequency (3 or 4 SM treatments per week) at 4 weeks compared to 12 weeks. Regarding pain intensity, higher treatment frequency led to a decrease in VAS score, at 12 weeks follow-up with results showing a significant interaction between the type and frequency of treatment. Results yielded important improvements in pain intensity when SM was associated with physical modalities and a higher number of treatment (3 or 4 SM treatments per week) (Haas, Groupp et al. 2004). In a randomized control trial including 400 participants, the same group investigated the dose-response relationship between the number of SM visits (LM compared to 1, 2 or 3 SM sessions per week) and clinical improvements in pain and disability over a 6-week period. They reported significant differences in outcomes favoring SM groups; however results showed no significant differences for pain intensity and disability between the various SM frequencies (Haas, Vavrek et al. 2014).

Lumbar spinal stenosis

One pilot study involving 60 participants focused on the effects of different flexion-distraction manipulation frequencies on pain and symptom severity in patients with lumbar spinal

stenosis. Over a 6-week period, participants received 8, 12, or 18 treatments and were compared to a placebo group (low level laser therapy and simulated mechanically-assisted SM). Symptoms severity and disability were assessed up to 6 months. Compared to baseline scores, results showed that symptoms severity was significantly improved at completion of care and that the effect persisted at 3 and 6-months follow-up in the higher frequency groups (12–18 treatment over 6-week period). The study also reported that higher frequency of treatments (12–18 treatment over 6-week period) yielded an improvement in disability at 3 months follow-up. Similarly, the group that received 18 treatments showed significant improvements in disability at the end of care assessment and this difference remained 3 months later. Moreover, there was no significant between groups differences for symptom severity, and no comparison were presented by the authors for disability (Cambron, Schneider et al. 2014).

From all these studies, only one reported adverse event (Haas, Bronfort et al. 2018). Identified adverse events were mostly classified as were all short term and classified as moderate resulting from treatment (SM or light massage). Adverse events related to SM were described as neck soreness, pain, stiffness, transient upper extremity pain/tingling, increased headache intensity, nausea or dizziness) and occurred in 40% of participants. The proportion of adverse events was similar for each treatment frequency (1, 2, or 3 SMT per week over a 6-week period).

Dosage studies

The majority of studies (25/26) (Krouwel, Hebron et al. , Keller and Colloca 2000, Colloca, Keller et al. 2003, Colloca, Keller et al. 2004, Colloca, Keller et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006, Pickar and Kang 2006, Pickar, Sung et al. 2007, Willett, Hebron et al. 2010, Pentelka, Hebron et al. 2012, Vaillant, Edgecombe et al. 2012, Cao, Reed et al. 2013, Nougarou, Dugas et al. 2013, Reed, Cao et al. 2013, Nougarou, Dugas et al. 2014, Page, Nougarou et al. 2014, Reed, Long et al. 2014, Reed, Pickar et al. 2014, Reed, Sozio et al. 2014, Reed, Liebschner et al. 2015, Nougarou, Page et al. 2016, Page, Nougarou et al. 2016, Reed, Cranston et al. 2017) reported on the physiological outcomes of SM and one reported on the clinical outcomes of SM in a neck pain population (Gudavalli, Salsbury et al.).

Clinical outcomes in humans

One pilot randomized control trial investigated the effects of three different manually-delivered cervical traction forces (low, medium and high) in 48 participants experiencing chronic neck pain. Results suggest that high-force tractions significantly improve neck pain compared to low-force tractions whereas, improvements in disability were significantly greater for medium and high-force tractions compared to low-force tractions (Gudavalli, Salsbury et al.).

Physiological outcomes in humans

The most commonly reported physiological outcomes were muscular response's amplitude ($n = 6$), vertebral displacement ($n = 5$), and pain pressure threshold ($n = 4$). Table 3.2 summarizes the effects of SM based on outcome categories.

Tableau 3.2 Summary of the SM dose-physiological response relationship in human studies.
(N=Newton)

STUDIES	DOSAGE PARAMETERS	SPINE LEVEL	SAMPLE SIZE	OUTCOMES MEASURES	RESULTS
<i>Colloca et al, 2003</i>	Thrust forces: 30 N, 150N	L4	N=4		NO DIFFERENCES
<i>Krouwel et al, 2010</i>	Thrust forces: 50, 200N Thrust durations: 1,5 Hz or sustained pressure	L5	N=30		NO DIFFERENCES
<i>Pentelka et al, 2012</i>	Thrust durations: 30s,60s	L3	N=19	PAIN PRESSURE THRESHOLD	NO DIFFERENCES
<i>Willett et al, 2010</i>	Thrust durations: 1 Hz, 2Hz	L1 to L3	N=30		NO DIFFERENCES
<i>Colloca et al, 2003</i>	Thrust forces: 30 N, 150N	L1 to L3	N=4		Data suggest higher responses with maximum thrust force setting
<i>Keller et al, 2000</i>	Thrust forces: 19,5N ,190N	Bilateral PSIS, sacrum, S1 and L5, L4, L2, T12 and T8	N=40	MUSCULAR RESPONSE AMPLITUDE	Increase after SM treatment SMT showed a greater increasing than control group and sham treatment
<i>Nougarou et al, 2014</i>	Preload forces: 5N ,50N, 95N, 140N	T6 to T8	N=23		Decrease during preload Increase during thrust
<i>Nougarou et al, 2016</i>	Combination of thrust forces / thrust durations: 57ms/150N, 80ms/200N, 102ms,250N, 125ms/300N	T6 to T8	N=25		NO DIFFERENCES
<i>Nougarou et al, 2013</i>	Thrust forces: 80,130,180, 255N	T6,T8	N=26		Increase in thrust phase and resolution phase
<i>Pagé et al, 2016</i>	Thrust forces: 75N,125N,175N, 225N	L3	N=51		Increase with increasing thrust force
<i>Colloca et al, 2003</i>	Thrust forces: 30 N, 150N	L1 to L3	N=4		Data suggest an increase when greater force is applied
<i>Colloca et al, 2004</i>	Thrust forces: 30N, 88N, 117N, 150N	L3 to S2	N=9		Increase with increasing thrust force
<i>Keller et al, 2000</i>	Thrust forces: 19,5N ,190N	Bilateral PSIS, sacrum, S1 and L5, L4, L2, T12 and T8	N=40	VERTEBRAL DISPLACEMENT	Increase after any treatment SMT showed a greater increasing than control group and sham treatment
<i>Nougarou et al, 2014</i>	Preload forces: 5N ,50N, 95N, 140N	T6 to T8	N=23		Linear decrease with force during thrust phase

Physiological outcomes in animals

The data extraction highlighted one major outcome described in 7 studies (Pickar and Kang 2006, Pickar, Sung et al. 2007, Cao, Reed et al. 2013, Reed, Cao et al. 2013, Reed, Long et al. 2014, Reed, Liebschner et al. 2015, Reed, Pickar et al. 2017): muscle spindle activity (MSA). All

studies showed that MSA increased with either decreasing thrust durations, increased applied forces or sometimes both (Pickar and Kang 2006, Pickar, Sung et al. 2007, Reed, Cao et al. 2013). Detailed results describing changes in muscle spindle activity and dosage effects are summarized in Table 3.3. Other physiological outcomes such as displacements, acceleration responses and muscle activation (EMGs) responses were studied using sheep (Colloca, Keller et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006). Colloca et al. (2006) investigated the effects of varying posterior to anterior mechanical stimulation force-time profiles on lumbar spine. Variable durations or amplitudes of stimulation were applied. Descriptive results showed that EMG responses were higher for thrust duration of 100 ms and 200 ms compared to 10 ms. The displacement response and vertebral acceleration also increased linearly with force (Colloca, Keller et al. 2006).

Two studies written by Keller et al., reported on acceleration responses outcomes (Colloca, Keller et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006, Keller, Colloca et al. 2006). The first one investigated SM impulses induced by an instrument. Fifteen sheep received three different force settings on the lumbar region. Results highlighted that when increasing force magnitude, acceleration responses increased in the 3 axes (axial, medio-lateral and posterior-anterior) (Keller, Colloca et al. 2006). The second one, compared three force settings (low, medium and high forces) of three types of mechanical instruments simulating SM. Stimulations were applied on the sheep's T12 vertebrae. Results showed that acceleration responses and vertebral displacement increased in the 3 axes with increasing forces (Keller, Colloca et al. 2006).

One study focused on the effect of SM therapy forces and durations on cat spine stiffness coefficient. Vaillant et al. (2012) divided cats into groups receiving a preload force or not, variable applied forces (ranges established according to body weight) and movement amplitudes (1, 2 or 3 mm). For each possible combination, eight different durations were applied on the lumbar region. Although results showed a complex significant interaction between duration, force and displacement amplitudes if SM therapy was preceded by a preload and under displacement control, consistent spinal stiffness modulation across thrust durations or thrust forces could not be identified (Vaillant, Edgecombe et al. 2012).

Finally, in 2014, Reed et al. studied if variable SM thrust forces could alter mechanical trunk response thresholds in wide dynamic range and/or nociceptive specific lateral thalamic

neurons (Reed, Pickar et al. 2014). This protocol was tested on rats' lumbar spine. Three thrusts were randomly delivered with varying forces magnitudes (0, 55% or 85% body weight) for 100 ms. Electrophysiological activity of wide dynamic range and/or nociceptive specific lateral thalamic neurons was recorded. Results suggest that for nociceptive specific lateral thalamic neurons, dorsal-ventral thrust forces corresponding to 85% body weight increased mean trunk mechanical threshold compared to the control condition (0% body weight) but not compared to 55% body weight. There were no significant differences for wide dynamic range neurons.

Tableau 3.3 Summary of the SM dose-physiological response relationship in animal studies.

STUDIES	DOSAGE PARAMETERS	SAMPLE SIZE	SPINE LEVEL	MUSCLE SPINDLE ACTIVITY - MAIN RESULTS
Cao et al., 2013	Thrust forces: 25%, 55%, 85% of BW Thrust displacements: 1, 2 or 3 mm Thrust durations: 0,25,50,75,100,150,200, 250 ms	n=112 cats	L6	Consistent increase in MIF for 1 mm thrust amplitude. No specific trend associated to modulation in forces and displacements
Pickar et al., 2006	Thrust forces: 33%, 66%, 100% of BW Thrust duration: 25, 50, 100, 200, 400 or 800 ms	n=46 cats	L6	Data suggest that decreasing thrust duration increases Δ MIF There is a threshold effect for duration for which the discharge greatly increases
Pickar et al., 2007	Thrust displacement: 1 or 2 mm Thrust duration: 12.5, 25, 50, 100, 200, 400 ms	n=54 cats	L6	Data suggest that decreasing thrust duration increases Δ MIF Peak thrust amplitude (1mm compared to 2mm) influence Δ MIF
Reed et al., 2013	Thrust forces: 25%, 55%, 85% of BW Thrust displacement: 1, 2 or 3 mm Thrust durations: 25, 50, 75, 100, 200, 250ms	n=112 cats	L6	Data suggest that decreasing thrust duration increases mean spindle discharge through range of forces. Through a range of force durations, increasing force seems to increase Δ MIF. For most thrust duration, peak thrust displacement did not influence Δ MIF. Increasing force rates increased MIF
Reed et al., 2015	Thrust force: ranges from 68N to 122N	n=1 cat	L7	Data suggest that increasing force leads to increase Δ MIF.
Reed et al., 2014	Preload variation: 18% or 43% of thrust force Thrust durations: 1 or 4s (Thrust force: 55% of BW)	n=20 cats	L6	Increasing longer preload duration (4s compared to 1s) increases Δ MIF. A smaller magnitude of preload (18% compared to 43%) increases Δ MIF The highest preload magnitude and longest duration led to a significantly greater mean decrease in resting spindle discharge
Reed et al., 2017	Thrust force: 22N, 44N or 67N	n=6 cats	L6	Data suggest that increase in force increased the time required until the first action potential.

MIF: Mean Instantaneous Frequency; Δ MIF: Changes in Mean Instantaneous Frequency; BW= body of weight

Discussion

This scoping review investigated the effect of SM therapy frequency and dosage on clinical and physiological outcomes. Our main objective was to identify and report all clinical and physiological outcomes specific to SM frequency and dosages effects. From all the included articles, we were able to establish that most studies focused on dosage effects (26 dosage studies compared to 6 frequency studies). Fourteen studies involved animals, while 18 studies were conducted on human participants. The most commonly addressed conditions in human studies were cervicogenic headache followed by low back pain. Study designs were heterogeneous and involved clinical and experimental studies. The effects of SM dosages were by far most commonly studied compared to treatment frequencies. To answer our main research question, outcomes were categorized into clinical or physiological outcomes. All human-based clinical trials investigating the effects of dosage ($n = 1$) or frequency ($n = 6$) included both pain and disability outcomes. On the other hand, physiological outcomes most commonly included muscle spindle activity, muscular response activity, vertebral displacement, pain pressure threshold and acceleration responses. Based on the studies included in this review, none of the human studies investigated the relationship between physiological outcomes and clinical outcomes.

Frequency effects

In order to appreciate the clinical relevance of frequency effects, results should be interpreted considering the minimum clinically important difference (MCID) for pain and disability outcomes. Although three studies reported statistically significant frequency effects (Haas, Vavrek et al. 2014) (Haas, Aickin et al. 2010, Haas, Bronfort et al. 2018), only two studies described their results using clinically meaningful thresholds (Haas, Vavrek et al. 2014). Indeed, only two RCT (Haas, Vavrek et al. 2014) (Haas, Bronfort et al. 2018) reported clinically relevant effects, but these effects were present only when SM was compared to the control group (not or for frequency effects). These two studies showed that compared to no treatment or light massage, SM therapy had durable benefits for neuromusculoskeletal disorders-related pain and/or disability if the treatment is repeated over a period of time. When frequency effects are considered for patients with back pain or headache, trends in improvement were observed and indicated that increasing the number of SM visits in a short period of time (few weeks) decreased pain and improve disability as well as reducing the number of days with headaches episodes.

Dosage effects

Four studies involving human participants showed that vertebral displacement and muscular amplitude responses increased when higher SM forces were applied whereas modulation of SM dosage did not seem to modify pain pressure thresholds. Despite consistent changes in physiological responses due to dosage effects, the association between these changes and clinical outcomes remains unknown. Only one paper investigated the effect of dosage on clinical outcomes and showed an improvement in pain and disability when medium or high force tractions were applied (compared to low force traction). However, the high risk of bias (Table 3.1) identified for this specific RCT refrains us from any definitive conclusion with regard to SM dosages and clinical outcomes.

Five studies focusing on muscle spindle discharge in animals consistently reported an increased mean frequency discharge when higher thrust forces were applied; and similar trends were seen for shorter thrust duration (Pickar and Kang 2006, Pickar, Sung et al. 2007, Cao, Reed et al. 2013, Reed, Cao et al. 2013, Reed, Long et al. 2014, Reed and Pickar 2015, Reed, Pickar et al. 2017). Muscle amplitude response assessed with EMGs was studied in one animal study and showed increased EMG response amplitudes when higher forces and longer thrust durations were applied (Colloca, Keller et al. 2006). Although animal models may have similar biomechanical properties with humans, anatomical factors (geometry and morphology) as well as loading characteristics of spinal structure are known to differ between such models and human spine (Keller, Colloca et al. 2006). A few studies attempted to reproduce a range of forces similar to clinically relevant SM in humans but the relative “clinical relevance” of the SM characteristics used in animal models was often reported as one of the challenges in data interpretation (Reed, Long et al. 2014, Reed, Pickar et al. 2014). Moreover, the use of different anaesthetics may have altered muscle function differently and again may have limited the generalization and interpretation of SM dosage effect studied in animal models. Animal studies provide valuable information when invasive procedures are needed and, for ethical reasons not possible in humans. Results, however, should be interpreted with caution, as they may not always reflect SM characteristics and effects in humans.

Limitations

The first limitation that should be considered is the various operational definitions used for spinal manipulation dosage and frequency in the original studies. Some studies may have been missed or excluded due to the lack of consensus with regard to these definitions. A recent paper by Groeneweg et al. recommended a list of criteria to standardize the reporting of SM intervention (Groeneweg, Rubinstein et al. 2017). Indeed, some studies did not use the definition described in our method for dosage and frequency terms in the same definition as described in our method. Although the authors proposed a clear definition for frequency, the definition for dosage remains ambiguous and seems to encompass time spent in therapy by the patient and efforts expended by the therapist during treatment sessions, two elements that seem to be related to overall care dosage rather than specific SM parameters (Groeneweg, Rubinstein et al. 2017). Moreover, some of the clinical trials may have been underpowered as only two clinical studies adequately reported sample size determination. Lack of power in clinical studies may have led to inconsistent and sometimes misleading results and interpretations.

In addition, a comparison between studies could not be performed due to heterogeneity of SM uses across studies. In some studies, lack of SM standardization between conditions or groups within a given study may have been an issue (Krouwel, Hebron et al. , Willett, Hebron et al. 2010). Finally, for 23 dosage studies, SM was delivered by a mechanical device simulating SM for which dosages were quantified. Although these devices were, in a few instances, designed to simulate clinician's SM performance. Such device may not reflect the manual SM or mobilization most commonly performed by clinicians. According to Beliveau, only 23% (Interquartile range: 14.0–38.0) of chiropractor use instrumented assisted SM compared to 79% of chiropractors using manual SM (Beliveau, Wong et al. 2017).

Research recommendations

Considering the high heterogeneity of the included studies regarding design, populations, conditions, outcomes and SM delivery (manual or mechanically assisted), it was not possible to determine optimal dosages and frequencies for the treatment of spinal conditions. As previously recommended future studies should provide detailed information with regards to SM, including treatment frequency and dosage. When possible, SM dosages should be described using treatment

characteristics derived from the force-time profile. Several studies investigating SM motor control and learning have used force-sensing technologies to quantify SM biomechanical parameters (Triano, Gissler et al. 2011, Starmer, Guist et al. 2016). Such technologies should be considered in clinical trials evaluating not only dosage and frequency effect, but also in any study investigating clinical effects of manual therapy. The true dose-response relationship between SM biomechanical parameters and clinical outcomes could then be investigated.

Conclusion

The results of this study showed that SM dosage and frequency effects have been mostly studied over the past two decades. Definitions for these two concepts are, however, heterogeneous across studies. Based on limited evidence, results suggest that treatment frequency does not significantly impact clinical outcomes during and following SM treatment period. However, additional work is likely to modify the current state of knowledge and a definitive conclusion at this time would be untimely. Dosage effects clearly influence short term physiological responses to SM treatment, but the relationship between these responses and clinical outcomes remains to be elucidated

References

- Cambron, J. A., M. Schneider, J. M. Dexheimer, G. Iannelli, M. Chang, L. Terhorst and G. D. Cramer (2014). "A pilot randomized controlled trial of flexion-distraction dosage for chiropractic treatment of lumbar spinal stenosis." *J Manipulative Physiol Ther* **37**(6): 396-406.
- Cao, D. Y., W. R. Reed, C. R. Long, G. N. Kawchuk and J. G. Pickar (2013). "Effects of thrust amplitude and duration of high-velocity, low-amplitude spinal manipulation on lumbar muscle spindle responses to vertebral position and movement." *J Manipulative Physiol Ther* **36**(2): 68-77.
- Colloca, C. J., T. S. Keller and R. Gunzburg (2003). "Neuromechanical characterization of in vivo lumbar spinal manipulation. Part II. Neurophysiological response." *J Manipulative Physiol Ther* **26**(9): 579-591.
- Colloca, C. J., T. S. Keller and R. Gunzburg (2004). "Biomechanical and neurophysiological responses to spinal manipulation in patients with lumbar radiculopathy." *J Manipulative Physiol Ther* **27**(1): 1-15.
- Colloca, C. J., T. S. Keller, D. E. Harrison, R. J. Moore, R. Gunzburg and D. D. Harrison (2006). "Spinal manipulation force and duration affect vertebral movement and neuromuscular responses." *Clin Biomech (Bristol, Avon)* **21**(3): 254-262.
- Funabashi, M., F. Nougarou, M. Descarreaux, N. Prasad and G. Kawchuk (2017). "Influence of Spinal Manipulative Therapy Force Magnitude and Application Site on Spinal Tissue Loading: A Biomechanical Robotic Serial Dissection Study in Porcine Motion Segments." *J Manipulative Physiol Ther* **40**(6): 387-396.
- Gudavalli, M. R., S. A. Salsbury, R. D. Vining, C. R. Long, L. Corber, A. G. Patwardhan and C. M. Goertz "Development of an attention-touch control for manual cervical distraction: a pilot randomized clinical trial for patients with neck pain." (1745-6215 (Electronic)).
- Haas, M., M. Aickin and D. Vavrek (2010). "A preliminary path analysis of expectancy and patient-provider encounter in an open-label randomized controlled trial of spinal manipulation for cervicogenic headache." *J Manipulative Physiol Ther* **33**(1): 5-13.
- Haas, M., G. Bronfort, R. Evans, C. Schulz, D. Vavrek, L. Takaki, L. Hanson, B. Leininger and M. B. Neradilek (2018). "Dose-response and efficacy of spinal manipulation for care of cervicogenic headache: a dual-center randomized controlled trial." *Spine J* **18**(10): 1741-1754.
- Haas, M., E. Groupp, M. Aickin, A. Fairweather, B. Ganger, M. Attwood, C. Cummins and L. Baffes (2004). "Dose response for chiropractic care of chronic cervicogenic headache and associated neck pain: a randomized pilot study." *J Manipulative Physiol Ther* **27**(9): 547-553.
- Haas, M., E. Groupp and D. F. Kraemer (2004). "Dose-response for chiropractic care of chronic low back pain." *Spine J* **4**(5): 574-583.
- Haas, M., A. Spegman, D. Peterson, M. Aickin and D. Vavrek (2010). "Dose response and efficacy of spinal manipulation for chronic cervicogenic headache: a pilot randomized controlled trial." *Spine J* **10**(2): 117-128.

Haas, M., D. Vavrek, D. Peterson, N. Polissar and M. B. Neradilek (2014). "Dose-response and efficacy of spinal manipulation for care of chronic low back pain: a randomized controlled trial." *Spine J* **14**(7): 1106-1116.

Keller, T. S. and C. J. Colloca (2000). "Mechanical force spinal manipulation increases trunk muscle strength assessed by electromyography: a comparative clinical trial." *J Manipulative Physiol Ther* **23**(9): 585-595.

Keller, T. S., C. J. Colloca, R. J. Moore, R. Gunzburg and D. E. Harrison (2006). "Increased multiaxial lumbar motion responses during multiple-impulse mechanical force manually assisted spinal manipulation." *Chiropr Osteopat* **14**: 6.

Keller, T. S., C. J. Colloca, R. J. Moore, R. Gunzburg, D. E. Harrison and D. D. Harrison (2006). "Three-dimensional vertebral motions produced by mechanical force spinal manipulation." *J Manipulative Physiol Ther* **29**(6): 425-436.

Krouwel, O., C. Hebron and E. Willett " An investigation into the potential hypoalgesic effects of different amplitudes of PA mobilisations on the lumbar spine as measured by pressure pain thresholds (PPT)." *Man Ther*. **2010** *15*(1):7-12.

Levac, D., H. Colquhoun and K. K. O'Brien (2010). "Scoping studies: advancing the methodology." *Implement Sci* **5**: 69.

Nougarou, F., C. Dugas, C. Deslauriers, I. Page and M. Descarreaux (2013). "Physiological responses to spinal manipulation therapy: investigation of the relationship between electromyographic responses and peak force." *J Manipulative Physiol Ther* **36**(9): 557-563.

Nougarou, F., C. Dugas, M. Loranger, I. Page and M. Descarreaux (2014). "The role of preload forces in spinal manipulation: experimental investigation of kinematic and electromyographic responses in healthy adults." *J Manipulative Physiol Ther* **37**(5): 287-293.

Nougarou, F., I. Page, M. Loranger, C. Dugas and M. Descarreaux (2016). "Neuromechanical response to spinal manipulation therapy: effects of a constant rate of force application." *BMC Complement Altern Med* **16**: 161.

Page, I., F. Nougarou, C. Dugas and M. Descarreaux (2014). "The effect of spinal manipulation impulse duration on spine neuromechanical responses." *J Can Chiropr Assoc* **58**(2): 141-148.

Pentelka, L., C. Hebron, R. Shapleski and I. Goldshtain (2012). "The effect of increasing sets (within one treatment session) and different set durations (between treatment sessions) of lumbar spine posteroanterior mobilisations on pressure pain thresholds." *Man Ther* **17**(6): 526-530.

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.

Pickar, J. G., P. S. Sung, Y. M. Kang and W. Ge (2007). "Response of lumbar paraspinal muscles spindles is greater to spinal manipulative loading compared with slower loading under length control." *Spine J* **7**(5): 583-595.

Reed, W. R., D. Y. Cao, C. R. Long, G. N. Kawchuk and J. G. Pickar (2013). "Relationship between Biomechanical Characteristics of Spinal Manipulation and Neural Responses in an Animal Model: Effect of Linear Control of Thrust Displacement versus Force, Thrust

Amplitude, Thrust Duration, and Thrust Rate." Evid Based Complement Alternat Med **2013**: 492039.

Reed, W. R., J. T. Cranston, S. M. Onifer, J. W. Little and R. S. Sozio (2017). "Decreased spontaneous activity and altered evoked nociceptive response of rat thalamic submedius neurons to lumbar vertebra thrust." Exp Brain Res **235**(9): 2883-2892.

Reed, W. R., M. A. Liebschner, R. S. Sozio, J. G. Pickar and M. R. Gudavalli (2015). "Neural Response During a Mechanically Assisted Spinal Manipulation in an Animal Model: A Pilot Study." J Nov Physiother Phys Rehabil **2**(2): 20-27.

Reed, W. R., C. R. Long, G. N. Kawchuk and J. G. Pickar (2014). "Neural responses to the mechanical parameters of a high-velocity, low-amplitude spinal manipulation: effect of preload parameters." J Manipulative Physiol Ther **37**(2): 68-78.

Reed, W. R. and J. G. Pickar (2015). "Paraspinal Muscle Spindle Response to Intervertebral Fixation and Segmental Thrust Level During Spinal Manipulation in an Animal Model." Spine (Phila Pa 1976) **40**(13): E752-759.

Reed, W. R., J. G. Pickar, R. S. Sozio, M. A. K. Liebschner, J. W. Little and M. R. Gudavalli (2017). "Characteristics of Paraspinal Muscle Spindle Response to Mechanically Assisted Spinal Manipulation: A Preliminary Report." J Manipulative Physiol Ther **40**(6): 371-380.

Reed, W. R., J. G. Pickar, R. S. Sozio and C. R. Long (2014). "Effect of spinal manipulation thrust magnitude on trunk mechanical activation thresholds of lateral thalamic neurons." J Manipulative Physiol Ther **37**(5): 277-286.

Reed, W. R., R. Sozio, J. G. Pickar and S. M. Onifer (2014). "Effect of spinal manipulation thrust duration on trunk mechanical activation thresholds of nociceptive-specific lateral thalamic neurons." J Manipulative Physiol Ther **37**(8): 552-560.

Starmer, D. J., B. P. Guist, T. R. Tuff, S. C. Warren and M. G. Williams (2016). "Changes in Manipulative Peak Force Modulation and Time to Peak Thrust among First-Year Chiropractic Students Following a 12-Week Detraining Period." J Manipulative Physiol Ther **39**(4): 311-317.

Triano, J. J., T. Gissler, M. Forgie and D. Milwid (2011). "Maturation in rate of high-velocity, low-amplitude force development." J Manipulative Physiol Ther **34**(3): 173-180.

Vaillant, M., T. Edgecombe, C. R. Long, J. G. Pickar and G. N. Kawchuk (2012). "The effect of duration and amplitude of spinal manipulative therapy (SMT) on spinal stiffness." Man Ther **17**(6): 577-583.

Willett, E., C. Hebron and O. Krouwel (2010). "The initial effects of different rates of lumbar mobilisations on pressure pain thresholds in asymptomatic subjects." Man Ther **15**(2): 173-178.

World Health Organization (2005). WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic: 9-13.

Chapitre 4 – Article II - Learning spinal manipulation: objective and subjective assessment of performance.

Ce chapitre inclut le second article de cette thèse qui a été publié dans la revue « *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* » en 2020.

Mégane Pasquier, DC,^{a,b} Charlène Chéron, DC, PhD,^a Gaëtan Barbier, DC,^a Claude Dugas, PhD,^c Arnaud Lardon, DC, PhD,^{a,d} and Martin Descarreaux, DC, PhD^c. Learning spinal manipulation: objective and subjective assessment of performance. J Manipulative Physiol Ther. 2020 Mar-Apr;43(3):189-196. doi: 10.1016/j.jmpt.2019.12.010. PMID: 32951767.

^a Institut Franco-Européen de Chiropraxie, Toulouse, France.

^b Département d'Anatomie, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois Rivières, Québec, Canada.

^c Département d'activités physiques, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois Rivières, Québec, Canada.

^d CIAMS, University of Paris-Sud, University of Paris-Saclay, France.

Résumé

Objectif : Le but de cette étude était d'étudier les associations entre les paramètres biomécaniques objectifs de la manipulation vertébrale et les évaluations subjectives fournies par les patients, les cliniciens et les évaluateurs experts.

Méthodes : Des étudiants en chiropratique ($N = 137$) et des instructeurs experts ($N = 14$) ont été recrutés. Les étudiants ont été invités à effectuer une manipulation vertébrale thoracique alternativement sur une table dotée d'une plateforme de force tout en étant observés par un instructeur expert. Les étudiants qui ont effectué (dit cliniciens) et reçu (dit patients) une manipulation vertébrale, et les instructeurs experts, ont noté indépendamment chaque performance à l'aide d'échelles visuelles analogiques. Les corrélations entre ces scores subjectifs et les paramètres biomécaniques objectifs de la manipulation vertébrale ont été calculées. Les paramètres suivants ont été évalués : force maximale, force de mise en tension, durée d'impulsion et relâchement de la force de mise en tension. Le confort de la manipulation vertébrale a également été évalué par les patients, les cliniciens et les instructeurs experts.

Résultats : Les résultats de l'étude indiquent que la vitesse d'exécution évaluée par les instructeurs et les patients était les seuls paramètres significativement corrélés avec les données de la table ($r = 0,37 ; P < 0,001$ et $r = 0,26 ; P = 0,002$). Le confort évalué par les cliniciens était significativement corrélé avec leurs propres évaluations de la vitesse d'exécution ($r = .37 ; P < .001$) et de la force de mise en tension ($r = .23 ; P = .007$), tandis que le confort évalué par les instructeurs était significativement corrélé avec leur propre évaluation de la vitesse d'exécution ($r = .27 ; P = .002$) et le relâchement de la force de mise en tension ($r = -.34 ; P < .001$). Les paramètres biomécaniques objectifs de la performance ne permettent pas de prédire le confort perçu.

Conclusion : Dans l'ensemble, les résultats des évaluations subjectives de la manipulation vertébrale sont faiblement corrélés avec les mesures objectives de la manipulation vertébrale. Seule la vitesse d'exécution évaluée par des instructeurs experts et des patients était associée aux scores obtenus à partir de la table. Le confort perçu de la procédure semble être principalement associé à la vitesse d'exécution perçue et aux caractéristiques de la phase de mise en tension.

Mots Clés : Manipulation vertébrale, Apprentissage, Évaluation, Contrôle moteur, Chiropratique

Abstract

Objective: The purpose of this study was to investigate associations between objective spinal manipulation therapy (SMT) biomechanical parameters and subjective assessments provided by patients, clinicians, and expert assessors. Methods: Chiropractic students ($N = 137$) and expert instructors ($N = 14$) were recruited. Students were asked to perform a thoracic SMT alternately on each other on a force-sensing table while being observed by an expert instructor. Students who performed (clinicians) and received (patients) SMT, and expert instructors, independently scored each SMT performance using visual analog scales. Correlations between these subjective scores and SMT biomechanical parameters were calculated. The following parameters were evaluated: peak force, preload force, thrust duration, and drop in preload force. Spinal manipulation therapy comfort was also assessed by patients, clinicians, and expert instructors.

Results: Results of the study indicate that thrust duration assessed by instructors and patients was the only parameters significantly correlated with the table data ($r = .37$; $P < .001$ and $r = .26$; $P = .002$). Comfort assessed by clinicians was significantly correlated with their own assessments of thrust duration ($r = .37$; $P < .001$) and preload force ($r = .23$; $P = .007$), whereas comfort assessed by instructors was significantly correlated with their own assessment of thrust duration ($r = .27$; $P = .002$) and drop in preload force ($r = -.34$; $P < .001$). Objective biomechanical parameters of performance did not predict perceived comfort.

Conclusion: Overall, the results from the subjective assessments of SMT performance are weakly correlated with objective measures of SMT performance. Only the thrust duration evaluated by expert instructors and patients was associated with scores obtained from the table. Perceived comfort of the procedure seems to be associated mostly with perceived thrust duration and preload characteristics. (J Manipulative Physiol Ther 2020;43:189-196)

Key Indexing Terms: Spinal Manipulation; Learning, Assessment, Motor Control, Chiropractic

Introduction

According to a scoping review published in 2016, spinal manipulation therapy (SMT) is the main clinical tool used by chiropractors in their practice (Beliéreau, Wong et al. 2017). Of 34 studies analyzed, 22 reported using SMT and showed that nearly 80% of patients who sought chiropractic care received SMT in one form or another (including mechanically assisted SMT). It is therefore not surprising that technical and clinical chiropractic skill development is an integral and significant part of every chiropractic program curriculum. In fact, the World Health Organization published a guideline in 2005 providing recommendations on basic chiropractic training with the goal of promoting safety, accuracy, and quality of chiropractic care worldwide. The guideline highlighted that, for full-time chiropractic curriculum, at least 2200 hours of chiropractic skill training (including SMT skills) over a 3 or 4-year period are needed to develop competencies (World Health Organization 2005). In the last decades, many studies focused on how SMT is usually taught and how SMT learning and motor control could be implemented to enhance chiropractic skills (Descarreaux and Dugas 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012). Conventionally, SMT teaching is characterized by a 2-phase model during which theoretical knowledge is taught to students and then, after a demonstration, students try to emulate the procedure.

Nowadays, to foster what is viewed as a crucial component of the chiropractic student training, new technologies such as manikin, force-sensing table, or training devices have been developed to provide quantitative feedback and enhance student SMT learning. A review published by Stainsby et al. in 2016 investigated the effectiveness of various teaching methods used to train chiropractic students learning SMT procedures. The authors identified 9 articles highlighting the 5 following teaching aids: non-instrumented thrust in motion cervical manikin, instrumented manikin, instrumented treatment force-sensing table, a Dynadjust instrument, and a padded contact with a load cell (Stainsby, Clarke et al. 2016). These methods should be considered in chiropractic curriculum to enhance students' skills technique to contribute to better outcomes of patients. This study and other published previously (Downie, Vemulpad et al. 2010, Triano, Descarreaux et al. 2012) all investigated and described how technologies can be used to generate timely and relevant feedback in the context of chiropractic technique education. A recent consensus statement by the World Federation of Chiropractic Association

of Chiropractic Colleges education conference even recommends including force-sensing technologies in chiropractic training programs (World Federation of Chiropractic).

However, several questions remain. Should the learning be dovetailing both augmented feedback technologies and conventional teaching? Should these technologies be used to grade students? Should objectively quantified threshold be used to grant professional status? These questions clearly highlight that these recent technologies, although well integrated in pedagogical strategies, are less commonly used during formal assessments of students' technical skills for which traditional visual assessment performed by an expert is common. This study explores how these 2 worlds of conventional and technologically assisted evaluation of SMT can be brought together.

Assessing Motor Skills

In other areas where motor performances are closely monitored, such as athletic performance, coaches and their athletes often rely on subjective assessment of complex movements to improve a given motor skill. In many sports (gymnastics, diving, ski and snowboard, figure skating, dance, etc.), subjective scoring of performances forms the basis for competition. However, during training, most if not all athlete and coaches use augmented feedback strategies. Both strategies share comparable goals toward improvement and optimization of feedback and face similar challenges, such as the management of information complexity and the reliability and validity of information used to improve but also to judge athletes' performances (Hughes and Bartlett 2002). Research evaluating "judgment" or "assessment" of motor performance in judged sports has shown that expert judges have better error detection skills than novices (Flessas, Mylonas et al. 2015) and that previous high-level experience with a specific sport is also an important asset when judging others' motor performance (Loula, Prasad et al. 2005, Blake and Shiffrar 2007). Other studies found that simple biomechanical parameters such as total air time or total angular rotation strongly correlated with competition scores, explaining 71% to 94% of judged scores when combined (Harding and James 2010). Although similar approaches would be possible in manual therapy, assessment of future health professional technical skills raises other questions. Is the procedure safe, comfortable, and acceptable for the patient? Is the procedure safe for the clinician? In a

study conducted with educators and clinicians, O'Donnell et al. identified, through a Delphi process, important characteristics of the patient and operator position during SMT (O'Donnell, Smith et al. 2016). In the study, patient comfort was identified as being important and received a very high level of agreement. The present study sought to explore which parameters are linked to subjective SMT performance assessment.

Methods

Study Design

This was a cross-sectional observational study. The ethics committee of Institut Franco-European de Chiropraxie and the Universite du Quebec a Trois-Rivieres approved this study with certificate CER-18-242-07.05. Written informed consent has been obtained for each participant. No children under 18 were involved, so no parent or legal guardian consent was needed.

Participants

A total of 153 participants were recruited for the study and included 140 chiropractic students and 13 chiropractic instructors. All chiropractic students attended the Institut Franco-European de Chiropraxie (IFEC) in Toulouse or in Ivry-Sur-Seine. To be included, students had to be in their third, fourth, fifth, or sixth year (basic chiropractic technique training was completed for all of them). Students with absolute or relative contraindications to thoracic SMT were excluded from the study, and all participating students had to be free of spinal pain at the time of testing. Chiropractic instructors were also recruited at the IFEC and were all chiropractic technique instructors or supervisors at the college outpatient clinic. The study was approved by both the IFEC and the UQTR (CER-18-242-07.05) ethic committees, and each participant provided informed written consent. Students and instructors' characteristics are presented in Table 4.1.

Tableau 4.1 Participants' Characteristics

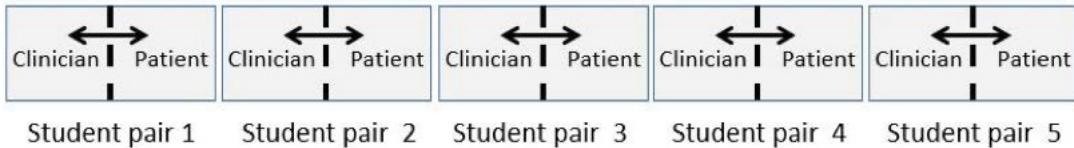
	Students	Instructors
Age (y), mean ($\pm SD$)	23.1 (± 4.2)	36.3 (± 10.9)
Height (cm), mean ($\pm SD$)	171.6 (± 9.3)	176.7 (± 8.8)
Weight (kg), mean ($\pm SD$)	65.9 (± 11.4)	78.4 (± 14.9)
Female/male, n (%)	82/58 (58.6/41.4)	3/11
Years of practice (y), mean ($\pm SD$)	NA	10.6 (± 8.8)
Years of teaching (y), mean ($\pm SD$)	NA	3.8 (± 2.8)

NA, not applicable; SD, standard deviation.

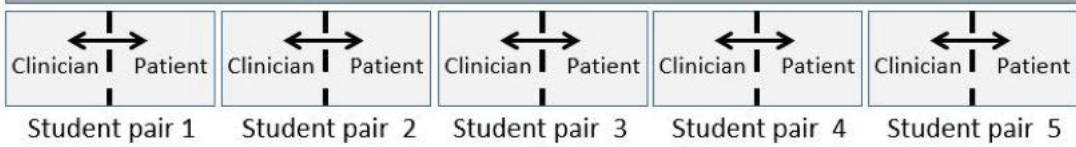
Experimental Procedures and Setting

Chiropractic students were paired and asked to perform 1 SMT on each other. Each spinal manipulation was performed using a posterior-to-anterior thoracic SMT and using one of the high-velocity low-amplitude techniques taught in classes (double thenar push technique or modified pisiform technique). Each SMT was performed on a force-sensing table (see Instruments and Measures section). After SMT, the 3 assessors (the student who performed SMT, the student who received SMT, and the examiner) independently assessed SMT performance using a custom-made data sheet. Each instructor was asked to observe and rate 10 spinal manipulations (5 pairs of students).

Instructor 1 [30 minutes]



Instructor 2 [30 minutes]



Instructor n [30 minutes]

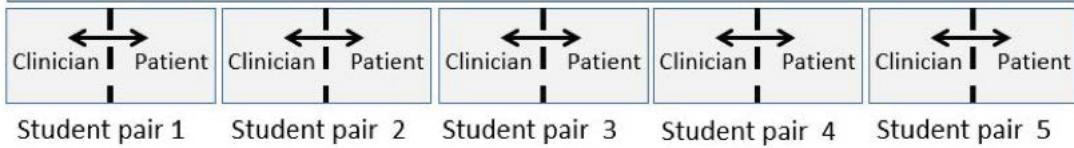


Figure 4.1 illustrates the timeline and participants' specific roles throughout the experimental session.

Variables

Instruments and Measures. The custom-made data sheet combined 5 visual analog scales (100 mm) used by participants (patients, clinicians, and expert instructors) to rate their perception (subjective assessment) of peak force, preload force, thrust duration (speed), drop in preload force, and comfort of the procedure. It was deemed important to assess not only self-perceived comfort but also comfort perceived by clinicians and expert instructors. Comfort or discomfort can be assessed by others through behavioral expression, language, posture, and motor behavior (Ashkenazy and DeKeyser Ganz 2019).

A chiropractic treatment table (Leander 900 Z Series, Leader Health Technologies Corporation, Port Orchard, Washington) with an imbedded force plate (AMTI, Watertown,

Massachusetts) was used to measure the input force for each SMT. The imbedded force plate can reliably assess forces and moments in 3 dimensions with high sensitivity ($IV/[V^*N]$ 1/4 0.08), low crosstalk (60.20%), excellent accuracy (60.25%), and long-term stability. The force-sensing table can measure the loads transmitted during the high-velocity low-amplitude manipulation. Forces transmitted to the table can be analyzed in an x-y-z coordinate system using custom-made software (MATLAB, MathWorks, Natick, Massachusetts). Force-time signals obtained during the assessment were analyzed to quantify relevant SMT biomechanical parameters for each trial. The peak preload force (N) corresponded to the highest amount of force applied before the thrust, whereas the drop in preload force was defined as the decline in preload force, if any, occurring before the thrust phase of spinal manipulation. Total peak force during thrust was defined as the maximal force (N) applied during the thrust including the preload force and time to peak force (millisecond) defined as the time needed to reach the corresponding peak force.

Study Size

Sample size calculation indicated that 123 students were needed to determine whether a correlation coefficient differs from 0 (α [2-tailed] = .05, β = .20, r = .250).

Statistical Method

Data from the force-sensing table and scores in millimeters from the scales were used for the different analyses. Descriptive statistics were used to present the overall sample characteristics. Normality of data sets was confirmed by visual inspection and the Kolmogorov-Smirnov test. Logarithmic transformation was used for variables that were not normally distributed, and outliers were removed from the analyses. Pearson's correlation analyses among patients, clinicians, and instructors were used to test whether subjective assessments of SMT performance were correlated to objective measurements from the force-sensing table. All statistical analyses were computed with Statistica software 10 (Statistica, StatSoft, Tulsa, Oklahoma), and the level of significance was set at P = .05.

Finally, exploratory forward stepwise multiple regression analyses were carried out to test if any objective SMT performance characteristics predicted comfort. A series of models was

tested for which SMT parameters obtained from the force-sensing table were forced into the regression model to identify which one significantly contributed to comfort as perceived by the (1) patients, (2) clinicians, and (3) instructors. The scatterplot of standardized predicted values vs standardized residuals showed that the data met the assumptions of homogeneity of variance and linearity. The residuals were normally distributed, and Cook's distance was used to test the influence of a data point (outliers).

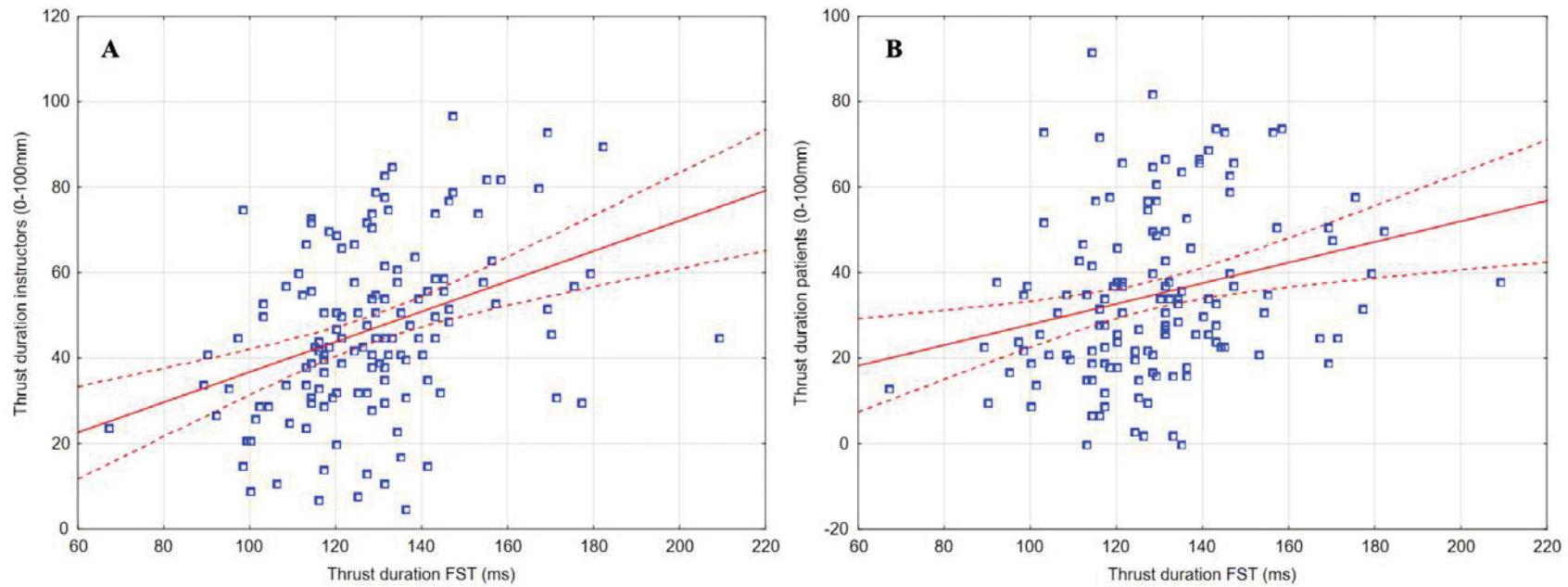


Figure 4.2 Correlation between perceived thrust duration and thrust duration data from the force-sensing table (FST).

Panel A presents the correlation between instructors and FST data whereas panel B presents the correlation between patients and FST data. The red line indicates the regression slope (red dotted line: 95% CI).

Tableau 4.2 Force-Sensing Table Data.

Parameters	Number of Trials	Mean Value	SD
Peak preload force (newton)	136	144.27	62.07
Total peak force (newton)	136	439.13	143.23
Thrust duration (ms)	135 ^a	128.31	20.97
Drop in preload force (newton)	133 ^b	27.23	22.06

Mean (SD) force-time profile characteristics for all participants are presented.

SD, standard deviation.

^a This parameter could not be calculated for 1 trial.

^b This parameter could not be calculated for 3 trials.

Results

Of the 140 recorded SMT trials, 4 had to be excluded owing to technical difficulties during or after the trial. All variables were normally distributed with the exception of drop in preload force (assessed by the patients, clinicians, and the table) and the comfort perceived by the patients. Mean SMT force-time profile characteristics are presented in Table 4.2.

Correlation Analyses

Correlation analyses revealed that only thrust duration scores from expert instructors were significantly correlated with their respective value recorded from the force-sensing table ($r = .37$; $P < .001$). Patients' scores for thrust duration were also significantly correlated with thrust duration scores obtained from the table ($r = .26$; $P = .002$). Peak preload force and total peak force were significantly correlated between patients and clinicians ($r = .24$; $P = .005$ and $r = .26$; $P = .002$), whereas thrust duration and peak force were significantly correlated between instructors and patients ($r = .32$; $P < .001$ and $r = .28$; $P = .001$).

Comfort assessed by clinicians was significantly correlated with their own assessments of thrust duration ($r = .37$; $P < .001$) and peak preload force ($r = .23$; $P = .007$), indicating that lower thrust duration (or the faster the SMT is applied) and lower peak preload force were

associated with higher comfort scores. Comfort assessed by instructors and by patients were significantly correlated to their own assessment of thrust duration ($r = .27$; $P = .002$ and Spearman $R = -.20$; $P < .02$) and drop in preload force ($r = -.34$; $P < .001$ and Spearman $R = -.18$; $P < .03$), indicating again that lower thrust duration (or the faster the SMT is applied) and smaller drop in preload force were associated with higher comfort scores. Figure 3.2 illustrates correlations between thrust duration perceived by instructors and patients and thrust duration as assessed by the force-sensing table.

Results from the regression analyses are presented in Table 4.3. Overall, results from regression analyses showed that objective SM characteristics could not significantly predict comfort perceived by patients, instructors, or clinicians.

Tableau 4.3 Multiple regression analyses for SM parameters predicting perceived comfort of the procedure.

Model Predicting Patients' Perceived Comfort ^a					
	β	SE of β	B	t	P value
Peak preload force	-0.072219	0.112963	-0.02603	-0.639	.523
Total peak force	0.023490	0.114310	0.00362	0.205	.837
Thrust duration	0.017018	0.090123	0.01834	0.188	.850
Drop in preload force	-0.056795	0.090202	-0.05734	-0.629	.530
Model Predicting Clinicians' Perceived Comfort ^b					
	β	SE of β	B	t	P value
Peak preload force	0.059428	0.112960	0.01764	0.526	.599
Total peak force	-0.093630	0.114307	-0.01188	-0.819	.414
Thrust duration	0.008087	0.090120	0.00718	0.089	.928
Drop in preload force	-0.027036	0.090200	-0.02248	-0.299	.764
Model Predicting Instructors' Perceived Comfort ^c					
	β	SE of β	B	t	P value
Peak preload force	0.066212	0.110571	0.01752	0.598	.550
Total peak force	-0.066521	0.111889	-0.00753	-0.594	.553
Thrust duration	-0.080351	0.088214	-0.06357	-0.910	.364
Drop in preload force	-0.177232	0.088291	-0.13136	-2.007	.046

β , standardized beta; SE of β , standard error for the standardized beta; B, unstandardized beta; SM, spinal manipulation; t, t test statistic.

^a Model: $R = .08117$; $R^2 = .0066$, $F(4127) = .21059$; $P < .93216$.

^b Model: $R = .08149$, $R^2 = .0066$, $F(4127) = .21224$; $P < .93124$.

^c Model: $R = .2196$, $R^2 = .04822$, $F(4127) = 1.6087$; $P < .17609$.

Discussion

The study sought to investigate the relationship between subjective and objective assessments of SMT performance. To do so, subjective assessments of performance were performed not only by expert instructors but also by student interns alternatively playing the clinician and patient roles. We propose that a better understanding of this relationship is warranted to improve chiropractic technique learning strategies and properly integrate the recent and rapidly developing augmented-feedback technologies. In brief, the results of the study showed that thrust duration (both for instructors and patients) was the only parameter that was significantly correlated with force-sensing table data. These correlations, however, were weak. Comfort of the procedure, whether assessed by patients, clinicians, or instructors, was weakly but significantly associated with perceived thrust duration and preload force characteristics (peak preload force and drop in preload force). Our second hypothesis, however, was not confirmed, because objective biomechanical parameters of performance did not predict comfort as perceived by the patients, instructors, or clinicians. The overall lack of association between objective and subjective assessments of SMT performance clearly highlights shortcomings of SMT observational assessments. However, one could argue that breaking down the subjective SMT performance into several biomechanical parameters (assessed using the visual analog scale) as implemented in this study may not correspond to the commonly used assessments in techniques classes and clinical settings and that several other components (targeting segment, patient comfort, table height) should be used to assess such competency (O'Donnell, Smith et al. 2016).

Therefore, the lack of strong correlation between objective indicators of performance, as measured by the force-sensing table and the subjective assessment of performance completed by expert instructors, raises an important question. How much do details of the SMT performance matter in skill perception and assessment, especially when movement execution becomes faster and more complex? For instance, when assessing cervical spinal manipulation involving bi-manual skills or side-posture SMT involving timely but also very subtle weight transfer and force production, expert instructors may focus only on global effects caused by the complex coordination patterns of the body and their effect on the patient, rather than on individual parameters. One could argue that rather than partitioning each biomechanical

parameter individually, expert instructors focus on a broader indicator of performance. Such indicator, however, remains to be determined when assessing SMT performance, although our data suggest that the overall comfort of the procedure might partly explain the subjective assessment of an SMT procedure. Comfort assessment may act as a modulator of overall SMT performance assessment and might in some cases override the biomechanical evaluation. A recent study exploring subjective scoring in elite diving competition showed that subjective scoring could be mathematically modeled and that some of the simplest elements of the performance, such as gross body path, splash area, and board tip motion, contributed the most to the scoring prediction (Young and Reinkensmeyer 2014). These results suggest that expert's assessors focus on a few key components of performance. These key components remain to be identified in SMT skill assessment.

Practical Implications

The positive effects of augmented feedback focusing on SMT biomechanical parameters have been demonstrated in several studies (Triano, Descarreaux et al. 2012). However, one could ask if this type of feedback is sufficient or should SMT learning evaluations combine both augmented feedback technologies such as force-sensing tables and other assessment approaches. Assessment of surgical skills has been widely studied, and a recent systematic review (Dumestre. D, Yeung. JK et al. 2015) showed that several evaluation methods, such as global assessment ratings including Likert scales, rated video analysis, and motion-tracking devices, were all potentially reliable and valid approaches. Given the results of this study and those drawn from sports science and surgery, we can confidently suggest that reasonable evaluation of SMT performance should combine global assessment ratings performed by experts with video-based and objective biomechanical assessments of performance. The task at hand for the manual therapy professions is now to develop and validate such innovative assessment strategies.

Strengths and Limitations

As mentioned earlier, the custom-made data sheet combining 5 visual analog scales used to subjectively rate biomechanical parameters of performance as well as comfort of the procedure is not currently used in everyday teaching and assessment practices. Subjective

assessments of performance by experienced instructors may emphasize other aspects of the SMT task and perhaps focus on global motor behavior rather than specific details of the performance. Moreover, our study included both technical and clinical instructors with varying experience, sometimes involved in both activities. To limit the effect of experience in technical training, great care was taken to standardize instructions and operational definitions of the different variables prior to the experimentation. Furthermore, “patients” in this study were students and were free of spinal pain at the time of testing. For these participants, comfort may be an appropriate parameter to assess performance, but several factors may influence the comfort rating scores. Students may have chosen their preferred technique (or mastered only 1) without considering patient preference or morphology. In patients presenting spinal pain, however, objective SMT parameters may not be related to comfort and perhaps to other constructs, such as perceived effectiveness and expectations following the procedure.

As with all studies investigating SMT skill performance, one important question remains: How do biomechanical parameters or skilled performance of SMT modulate clinical responses? Only 1 study explored the effect of SMT biomechanical parameters on patients’ clinical response. The study investigated the effect of varying SMT peak force and rate of force application on clinical responses of patients with chronic thoracic pain using a robotic device. Modulating biomechanical parameters, although forces used were lower than the typical forces applied by clinicians, did not yield any significant changes in clinical responses (pain and disability). Only future studies will provide further insight into this possible relationship. However, in other health professions such as surgery, the link between skilled technical performance and clinical outcomes is obvious. Some authors have gone as far as to suggest that surgeons might, one day, be required to provide objective evidence of their technical skill for certification, employment, credentialing, and quality improvement (Prebay, Peabody et al. 2019).

Conclusion

Results of the study indicate that only a few biomechanical parameters of SMT performance are correlated with subjective assessments of SMT procedures. Only the thrust duration parameter evaluated by expert instructors and patients was associated with the scores

obtained from the force-sensing table. Subjectively, perceived comfort of the procedure was associated mostly with perceived thrust duration and preload characteristics. Future research should focus on the development and validation of proper assessment strategies.

Practical Applications

Given the results of this study and those drawn from sports sciences and surgery, we can confidently suggest that reasonable evaluation of SM performance should combine global assessment ratings performed by experts with video-based and objective biomechanical assessments of performance.

The task at hand for the manual therapy professions is now to develop and validate such innovative assessment strategies.

References

- Beliveau, P. J. H., J. J. Wong, D. A. Sutton, N. B. Simon, A. E. Bussieres, S. A. Mior and S. D. French (2017). "The chiropractic profession: a scoping review of utilization rates, reasons for seeking care, patient profiles, and care provided." Chiropr Man Therap **25**: 35.
- Blake, R. and M. Shiffrar (2007). "Perception of human motion." Annu Rev Psychol **2007;58:47-73**.
- Descarreaux, M. and C. Dugas (2010). "Learning spinal manipulation skills: assessment of biomechanical parameters in a 5-year longitudinal study." J Manipulative Physiol Ther **33**(3): 226-230.
- Downie, A. S., S. Vemulpad and P. W. Bull (2010). "Quantifying the high-velocity, low-amplitude spinal manipulative thrust: a systematic review." J Manipulative Physiol Ther **33**(7): 542-553.
- Flessas, K., D. Mylonas and G. Panagiotaropoulou (2015). " Judging the judges' performance in rhythmic gymnastics." Med Sci Sports Exerc **47**(3):**640-648**.
- Harding , J. and D. James (2010). "Analysis of snowboarding performance at the Burton Open Australian half-pipe championships.". Int J Perform Analysis Sport **10:66-81**.
- Hughes, M. and R. Bartlett (2002). "The use of performance indicators in performance analysis." J Sports Sci. **20**(10):**739-754**.
- Loula, F., S. Prasad, K. Harber and M. Shiffrar (2005). "Recognizing people from their movement." J Exp Psychol Hum Percept Perform **31**(1):**210-220**.
- O'Donnell, M., J. A. Smith, A. Abzug and K. Kulig (2016). "How should we teach lumbar manipulation? A consensus study." Man Ther **25**: 1-10.
- Stainsby, B. E., M. C. Clarke and J. R. Egonia (2016). "Learning spinal manipulation: A best-evidence synthesis of teaching methods." J Chiropr Educ **30**(2): 138-151.
- Triano, J. J., M. Descarreaux and C. Dugas (2012). "Biomechanics--review of approaches for performance training in spinal manipulation." J Electromyogr Kinesiol **22**(5): 732-739.
- World Federation of Chiropractic ACC Education Conference consensus statement. .
- World Health Organization (2005). WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic: 9-13.
- Dumestre. D, Yeung. JK and Temple-Oberle. C (2015). "Evidence-based microsurgical skills acquisition series part 2: validated assessment instruments—a systematic review. ." J Surg Educ **72**(1):**80-89**.

Prebay, Z., J. Peabody, D. Miller and K. Ghani (2019). "Video review for measuring and improving skill in urological surgery." Nat Rev Urol **16(4):261-267.**

Triano, J. J., M. Descarreaux and C. Dugas (2012). "Biomechanics--review of approaches for performance training in spinal manipulation." J Electromyogr Kinesiol **22(5): 732-739.**

Young, C. and D. Reinkensmeyer (2014). " Judging complex movement performances for excellence: a principal components analysis-based technique applied to competitive diving." Hum Mov Sci **36:107-122.**

Chapitre 5 – Article III - Factors associated with clinical responses to spinal manipulation in patients with non-specific thoracic back pain: a prospective cohort study

Ce chapitre inclut le troisième article de cette thèse accepté pour publication dans la revue « Frontiers in pain research », en novembre 2021.

Mégane Pasquier^{1,2*}, James J. Young^{3,4}, Arnaud Lardon^{2,5}, Martin Descarreux⁵

Affiliation des auteurs :

¹Department of Anatomy, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Quebec, Canada

²Institut Franco-Européen de Chiropraxie, Toulouse, France

³Center for Muscle and Joint Health Department, University of Southern Denmark, Odense, Denmark

⁴Department of Research, Canadian Memorial Chiropractic College, Toronto, Ontario, Canada

⁵Department of Human Kinetics, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Quebec, Canada

Résumé

Introduction : La gestion des troubles musculosquelettiques est complexe et nécessite une approche multidisciplinaire. Les thérapies manuelles, telles que la manipulation vertébrale, sont souvent recommandées comme traitement d'appoint et semblent avoir des effets démontrables sur la douleur et l'invalidité à court terme dans plusieurs affections de la colonne vertébrale. Cependant, aucun mécanisme définitif pouvant expliquer ces effets n'a été identifié. Il est donc recommandé d'identifier les facteurs pronostiques pertinents pour les personnes atteintes de dorsalgies.

Objectif : L'objectif principal de cette étude était d'identifier les facteurs pronostiques potentiels à court terme des réponses cliniquement significatives en matière de douleur, d'incapacité et de changement global perçu (GPC) après un traitement par manipulation vertébrale chez des patients souffrant de dorsalgies non spécifiques.

Méthodes : Les patients cherchant des soins pour des douleurs de la colonne thoracique ont été invités à participer à l'étude. Les niveaux de douleur ont été enregistrés au début de l'étude, après l'intervention, et une semaine après une seule séance de manipulation vertébrale. Les niveaux d'incapacité ont été recueillis au début de l'étude et une semaine après. Le GPC a été collecté après l'intervention et une semaine après. Les paramètres biomécaniques des manipulations vertébrales, les attentes en matière d'amélioration de la douleur et de la capacité fonctionnelle, la kinésiophobie, les niveaux d'anxiété ainsi que le confort perçu de la manipulation vertébrale de la colonne vertébrale ont été évalués.

Analyse : Les différences dans les caractéristiques de base ont été comparées entre les patients catégorisés comme répondants ou non-répondants, en fonction de leur niveau de douleur, de leur niveau d'incapacité et du CPG à chaque point de mesure. Une régression logistique binaire a été calculée si le niveau de signification statistique des comparaisons de groupes (répondants contre non-répondants) était égal ou inférieur à 0,2 pour les facteurs pronostiques potentiels.

Résultats : 107 patients (62 femmes et 45 hommes) ont été recrutés. La force maximale moyenne était de 450,8 N avec une durée moyenne de poussée de 134,9 ms. Après l'intervention, le confort était associé au statut de répondant à la douleur ($p<0,05$) et au statut de répondant au GPC ($p<0,05$), tandis que l'attente d'une amélioration de la capacité fonctionnelle était associée

au statut de répondant au GPC ($p<0,05$). Lors du suivi, le confort et l'attente d'une amélioration de la douleur étaient associés au statut de répondant du GPC ($p<0,05$). Aucune association n'a été trouvée entre les statuts de répondants à l'égard de la douleur, de l'incapacité ou le GPC du répondant et les paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale.

Discussion : Aucun dosage spécifique de manipulation vertébrale n'est associé aux réponses cliniques à court terme au traitement. Cependant, les attentes d'amélioration et le confort du patient pendant les manipulations vertébrales étaient associées à une réponse positive au traitement.

Mots clés : thérapies manuelles, confort, douleur rachidienne, étude observationnelle, pronostic, association.

Abstract

Introduction: The management of musculoskeletal disorders is complex and requires a multidisciplinary approach. Manual therapies, such as spinal manipulative therapy (SMT), are often recommended as an adjunct treatment and appear to have demonstrable effects on pain and short-term disability in several spinal conditions. However, no definitive mechanism that can explain these effects has been identified. Identifying relevant prognostic factors is therefore recommended for people with back pain.

Objective: The main purpose of this study was to identify short-term candidate prognostic factors for clinically significant responses in pain, disability and global perceived change (GPC) following a spinal manipulation treatment in patients with non-specific thoracic back pain.

Methods: Patients seeking care for thoracic spine pain were invited to participate in the study. Pain levels were recorded at baseline, post-intervention, and one week after a single session of SMT. Disability levels were collected at baseline and at one-week follow-up. GPC was collected post-intervention and at one-week follow-up. Biomechanical parameters of SMT, expectations for improvement in pain and disability, kinesiophobia, anxiety levels as well as perceived comfort of spinal manipulative therapy were assessed.

Analysis: Differences in baseline characteristics were compared between patients categorized as responders or non-responders based on their pain level, disability level, and GPC at each measurement time point. Binary logistic regression was calculated if the statistical significance level of group comparisons (responder versus non-responders) was equal to, or less than 0.2 for candidate prognostic factors.

Results: 107 patients (62 females and 45 males) were recruited. Mean peak force averaged 450.8N with a mean thrust duration of 134.9ms. Post-intervention, comfort was associated with pain responder status ($p<0.05$) and GPC responder status ($p<0.05$), while expectation of disability improvement was associated with GPC responder status ($p<0.05$). At follow-up, comfort and expectation of pain improvement were associated with responder GPC status

($p<0.05$). No association was found between responder pain, disability or GPC status and biomechanical parameters of SMT at any time point.

Discussion: No specific dosage of SMT was associated with short-term clinical responses to treatment. However, expectations of improvement and patient comfort during SMT were associated with a positive response to treatment.

Keywords: manual therapies, comfort, spine pain, observational study, prognosis, association.

Introduction

Musculoskeletal disorders (MSD) represent a growing public health issue for societies, with an approximated 30% increase in MSD-related disability observed globally since 1990 (Vos, Abajobir et al. 2017). The International Classification of Diseases defines musculoskeletal disorders as any conditions affecting the musculoskeletal system components, including muscles, bones, joints and associated tissues, as well as tendons and ligaments (World Health Organization 2005). Of all MSD, spinal pain syndromes are classified among the most disabling ones, low back pain alone being the leading cause of disability in 14 of the 21 regions of the world. In fact, low back pain-related years lived with disability (YLD) has increased by 52.7% over the past decade, representing 64.9 million YLD (Vos, Abajobir et al. 2017).

Although there are far fewer studies investigating the nature and treatment options for thoracic spine pain than for low back and cervical pain, spinal pain seems to have similar characteristics across the cervical, thoracic and lumbar regions (Leboeuf-Yde, Fejer et al. 2011, Leboeuf-Yde, Fejer et al. 2012). In fact, thoracic pain, like cervical and lumbar pain, has been shown to generate significant disability at work and in daily life activities (Briggs, Smith et al. 2009, Leboeuf-Yde, Fejer et al. 2011). The annual prevalence of thoracic spine pain is around 15% to 35% in the general adult population and the one-year prevalence can reach up to 55% in the working population (Briggs, Bragge et al. 2009, Fouquet, Bodin et al. 2015). Women are 2.5 times more likely to suffer from thoracic spine and chest pain compared to men, and musculoskeletal comorbidities are considered risk factors for thoracic spine pain. Moreover, general work-related factors have been reported. Among them, high work load, defined as the frequency of job tasks/problems, high work intensity defined as the frequency of job tasks/problems over 5 years for specific occupational groups such as drivers or stewards and psychosocial factors, such as high mental pressure, have all been identified as potential risk factors (Briggs, Bragge et al. 2009).

The management of spinal disorders is complex and requires a multidisciplinary approach as recommended by recent guidelines (Lin, Wiles et al. 2019, Corp, Mansell et al. 2021). As a general treatment approach for spinal pain, recommendations drawn from these guidelines include the use of a patient-centered approach, education, and manual therapies as an

adjunct treatment to other evidence-based treatments such as exercise, psychological therapy, and activity advice (Lin, Wiles et al. 2019, Corp, Mansell et al. 2021). A systematic review investigating the effectiveness of noninvasive interventions for musculoskeletal thoracic pain concluded that there is a lack of quality studies related to the effect of noninvasive interventions on musculoskeletal thoracic pain (Southerst, Marchand et al. 2015). Knecht et al. investigated the various trajectories of mid-back pain and baseline risk factors for unfavorable outcomes for patients undergoing chiropractic treatment. Their results found that pain that lasts for more than three months before a treatment is associated with poor outcomes (Knecht, Hartnack et al. 2020).

Manual therapies, such as spinal manipulation therapy (SMT), are recommended and appear to have demonstrable effects on spine pain intensity and short-term disability (Clar, Tsartsadze et al. 2014, 2016, Corp, Mansell et al. 2021). SMT is one of the most widely used tools used by manual therapists such as chiropractors to manage spinal pain and extremity disorders (Beliveau, Wong et al. 2017). Spinal pain is the most common reason to see a chiropractor. While SMT is commonly used as part of a multidisciplinary approach to treat spinal pain and disability, the underlying physiological mechanisms by which it operates remain elusive.

From a biomechanical standpoint, SMT is defined as a thrust of high velocity and low amplitude delivered to the spine using a specific contact (Herzog 2010). It can be characterized by its force-time profile defining specific biomechanical parameters such as thrust force, thrust duration, rate of force, and preload force. However, only a few studies have investigated the association between treatment dosages defined by these parameters and frequency with clinical outcomes. Lima et al. investigated current evidence regarding the physiological responses related to SMT procedures in animal models. Results showed that SMT approaches elicit several physiological changes that alter neural, lymphatic, autonomic, genetic, and molecular responses, for which a specific dosage seems to be required for changes to be observed (Lima, Martins et al. 2020). Similarly, in a scoping review, Pasquier et al. investigated the current state of scientific knowledge regarding the effects of SMT frequency and dosage on both clinical and physiological responses. The authors found no significant effect of treatment frequency regarding clinical outcomes during and following an SMT. The review also highlighted that various dosages can influence short-term physiological responses to an SMT, but that the

association between physiological responses and clinical outcomes remains to be investigated (Pasquier, Daneau et al. 2019). Moreover, both studies reported great variability in the delivery of SMT parameters, and highlighted the need for further investigation of the SMT dose-response relationship. In 2019, Pagé et al. investigated, in a randomized control trial, the effect of SMT biomechanical parameters on the outcomes of patients with chronic thoracic spine pain. Results showed no significant dosage effects on clinical outcomes. Even if SMT-dose effects have been studied, it is still impossible to determine a specific SMT dosage or frequency that optimizes spinal manipulative treatment (Page and Descarreaux 2019).

Dosage-focused studies usually investigate the effect of a treatment on a specific condition, but we are unaware of any studies assessing the association between dosages and responders to a single SMT treatment where responders to a treatment are determined by a minimal improvement change (MIC) in pain intensity and disability. MIC is the patient's perception of the smallest change on a patient-reported outcome measure considered to be a clinically important improvement (Tubach, Giraudeau et al. 2009).

The primary aim of the study was to explore and identify short-term candidate prognostic factors for clinically significant responses in pain, disability and global perceived change (GPC) following a spinal manipulation treatment in patients with non-specific thoracic back pain. The study was designed to identify SMT dosages-related factors associated with positive treatment responses and identify “patient profiles” of responders to spinal manipulation treatments.

Methods

Study design

This is a 7-day single group prospective cohort study including 107 patients. As described in the PROGRESS series and in a framework proposed for prognostic research (Hemingway, Croft et al. 2013), this was an exploratory prognostic study designed to investigate variables that can be tested for association with targeted outcomes to provide a background for confirmatory studies. This article follows the recommendations of the STROBE standard to report on study results . This observational study was registered at clinicaltrials.gov (NCT04388007) and was approved by the ethics committee of the Université du Québec à Trois-

Rivières (CER-20-265-10.02), as well as by the French Committees of Protection of Persons (19.04.27.61617-2019_45). Written and oral informed consent were obtained for all patients. Patients were recruited at chiropractic clinics of the Institut Franco-Européen de Chiropraxie (IFEC) from February 2020 to June 2021.

Patients

To be included, patients had to fulfill the following criteria: age over 18 years old; non-specific thoracic spine pain intensity (chronic \geq 3 months or recurrent complaint with an NRS pain score \geq 3) and speak French or English. Eligibility criteria were assessed verbally in order to establish patients' eligibility to the study (Strong, Ashton et al. 1991, Von Korff, Jensen et al. 2000). Exclusion criteria were the presence of serious thoracic spine pathology, not being eligible to spinal manipulation (if any sign of osteoporosis, vertebral fracture history, thoracic disk herniation, symptoms due to non-MSDs, pregnancy tumors, infection, neurological diseases, fractures, etc.), and radicular pain/radiculopathy.

Baseline evaluation

Patients seeking care for thoracic spine pain and meeting eligibility criteria were invited to participate in the study. They received questionnaires in consecutively numbered sealed opaque envelopes. At baseline, the following variables were collected: thoracic spine pain intensity, thoracic spine-related functional disability, kinesiophobia, anxiety, as well as expectations for improvement (details are presented in the candidate prognostic factors and clinical outcomes section). Details of the measurement timeline for the variables are presented in figure 5.1. To minimize missing data, every patient who had not fully completed the questionnaires was contacted by phone or email.

Intervention

During each treatment session, patients received a single SMT treatment for their thoracic spine pain, delivered by a final-year student in the chiropractic program. Thoracic SMT, using high velocity and low amplitude procedures, was applied between T1 and T12 owing to the patient's symptoms. The spinal segment to be manipulated was determined following a

complete clinical examination and palpation of the painful area, and as agreed upon between the attending student and their clinical instructor. All SMT were performed using a posterior to anterior force application vector. SMT biomechanical parameters were recorded during the intervention using a Leander 900 Z Series treatment table (Leader Health Technologies Corporation, Port Orchard, USA) with an embedded AMTI force plate (AMTI, Watertown, MA). This device can estimate the loads transmitted during the high-velocity, low-amplitude (HVLA) manipulation and has shown reliability as well as validity in measuring force parameters (Rogers and Triano 2003). All transmitted forces can be computed in a xyz coordinate system using a custom-made software (MATLAB, Math-Works, Natick, USA).

Patient Characteristics

Patients' characteristics such as sex, height, weight, age, and level of education were assessed at baseline.

Candidate Prognostic Factors

SMT dosages were assessed using the following biomechanical parameters of spinal manipulation: peak force (N), preload force (N), force (N), thrust duration (ms), as well as rate of force application (N/s). Expectations for improvement in pain and disability, respectively, were assessed at baseline and reported via a modified version of the Patient Global Impression of Change scale. Patients answered the following questions: "On a scale of -5 to 5, how would you rate your expectations of improvement in pain/disability?". For each construct, expectations were rated on an 11-point numeric rating scale, with 0 representing no change of pain or disability, -5 representing a deterioration of pain or disability, and +5 representing an improvement of pain or disability (Dworkin, Turk et al. 2005, Kamper, Maher et al. 2009, Cormier, Lavigne et al. 2016). Kinesiophobia was evaluated using the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK) at baseline. The TSK is a 17-item questionnaire that is widely used for musculoskeletal conditions. A score of 17 is the lowest possible score, and indicates no or negligible kinesiophobia, while a score of 68 is the highest possible score, indicating extreme fear of pain with movement. A score over 40 on TSK has been suggested to represent a high degree of kinesiophobia (Lundberg, Styf et al. 2004, Hudes 2011). Anxiety was assessed pre-

intervention using the State-Trait Anxiety Inventory (STAI). The questionnaire is divided into two 20-item subscales (YA and YB). The STAI-YA or State questionnaire evaluates the current state of anxiety at the time the patient fills out the questionnaire, as well as daily state of anxiety. The STAI-YB or Trait questionnaire evaluates general states of calmness, confidence, and security. A total score of the YA and YB questionnaires gives a rate of anxiety that can be classified as very low (0–35), low (36–45) moderate (46–55), high (56–65) and severe (greater than 65) for each questionnaire (Spielberger 1983, Barnes 2002). Finally, the level of comfort during SMT was assessed following the intervention, using a 100-mm scale, a higher score indicating a very comfortable procedure and a lower score a very uncomfortable one. This criterion was identified by O'Donnell et al. as an important patient characteristic regarding SMT performance (O'Donnell, Smith et al. 2016).

Clinical outcome measures

The measurement time points for each clinical outcome measure are presented in Figure 5.1. Non-specific thoracic spine pain intensity was assessed using a 0-10 point Numerical Rating Scale (NRS) (Hjermstad, Fayers et al. 2011). It was also assessed every day for seven days following the intervention using a web-based platform (SMS-FACTOR, Infomotiv SASU, France) (Axen, Jensen et al. 2020). Patients answered the following question: “Did you experience any thoracic pain today?” If they answered positively, a second question was sent: “On a 0 to 10 scale, 0 being no pain and 10 being severe pain, how much would you rate this pain today?” and a call was made for any pain above pain at baseline to list any adverse event (such as muscle soreness, increase of pain, stiffness). Non-specific thoracic spine pain intensity was assessed at baseline, immediately following SMT, and at the one-week follow-up. Because there are no MIC estimates available for thoracic spine pain, it was decided to use low back pain MIC estimates. Responders to SMT were established using a cutoff of $\geq 30\%$ reduction from baseline pain scores (Ostelo, Deyo et al. 2008).

Disability was assessed using the Quebec Back Pain Disability Scale (QBPS) (Kopec, Esdaile et al. 1996). This questionnaire evaluates how back pain affects patients' daily life. The minimum score is 0 and the maximum score is 100, with higher scores representing greater disability. Disability was assessed at baseline and at the one-week follow-up. As with thoracic

spine pain, no disability MIC estimates are available for thoracic spine pain populations, therefore low back pain MIC estimates were used. Responders to SMT were considered using a cutoff of $\geq 30\%$ reduction from the baseline of disability scores (Ostelo, Deyo et al. 2008).

The global perceived change (GPC) was assessed post-intervention immediately following SMT and at one-week follow-up using the following question: "How is your thoracic pain now, compared to before you entered this study?" using an 11-point score scale. A higher score meant that the pain had improved, and a lower score meant that the pain had worsened. Kamper et al. states that for an 11-point scale for GPC, any change greater than 1.35 points is considered clinically important, and every change of 2 points or more is considered a clinically meaningful change (Kamper, Maher et al. 2009).

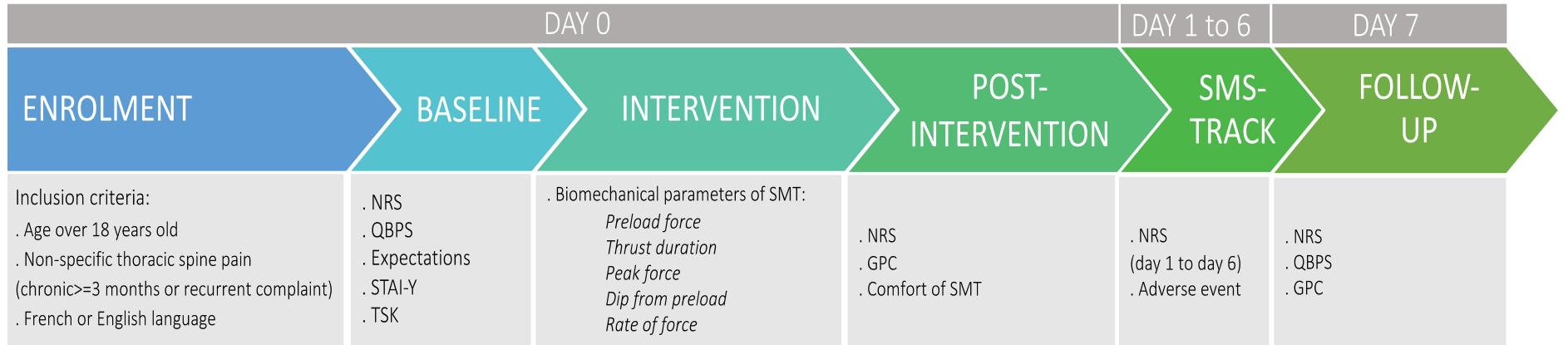


Figure 5.1 Timeline of variables' measurement.

NRS = Numeric rating scale; QBPS= Quebec Back Pain Scale; STAI-Y= State-Trait Inventory Questionnaire; TSK =Tampa Scale of Kinesophobia; GPC = Global Perceived Change

Statistical analyses

Descriptive analysis

The patients' baseline characteristics, spinal manipulation biomechanical parameters and clinical outcomes were calculated and presented as means and SD for continuous variables when normally distributed. Median and interquartile range were used for non-normally distributed data whereas proportions were used for categorical variables. The number and proportion of patients reporting clinically significant improvement in respectively (1) pain intensity (post-intervention and follow-up), (2) GPC (post-intervention and follow-up) and (3) disability level (follow-up) were calculated. Comparisons between patients who completed the study at follow-up and those who did not were performed using T-test or Wilcoxon rank-sum test for continuous variables (according to data distribution).

Responders and non-responders' analyses

Differences in baseline characteristics between patients categorized as responders or non-responders, based on their pain intensity level, disability level, and GPC, were compared at each time point using a t-test or the Wilcoxon rank-sum test for continuous variables (according to data distribution), whereas the chi-square test was used for categorical variables. To assess the strength of association with responders' status, candidate prognostic factors were included in a binary logistic regression if the group comparisons (responders versus non-responders) level of statistical significance was equal to, or less than 0.2. Strength of associations were reported as odds ratios (OR), 95% confidence intervals, p-value and r^2 . An alpha level of 0.05 was used to determine statistical significance. This is an exploratory study where every variable was considered as a candidate prognostic factor and accordingly, no confounder was pre-established (Hayden, Cote et al. 2008, Kent, Cancelliere et al. 2020). In the approach chosen, the first step is to identify significant association between variables that could be tested in a multiple confirmatory phase (Hayden, Cote et al. 2008).

Results

Sample characteristics

One hundred and seven patients (62 females and 45 males) with a mean age of 32.3 years were included after meeting the pre-assessment criteria that included scoring 3 or more on the NRS pain scale (verbal). As twenty-three patients did not properly complete the NRS pain score at baseline assessment, their baseline pain intensity values were therefore excluded from the pain responders' model. At baseline, mean pain intensity and disability level averaged 4.89 (± 1.7) and 15.6 (± 13.6) respectively. Among all patients, 97 completed the follow-up assessments (response rate=89%). Tests results for independent variables showed no significant differences between patients who completed the follow-up questionnaires and those who did not for baseline characteristics (table 1). Height, weight, kinesiophobia, pain intensity at post-intervention, comfort perceived by the patients, total peak force, as well as the rate of force were normally distributed. A flow diagram of included patients and data, at each measurement time point is presented in figure 5.2.

Tableau 5.1. Baseline characteristics of the entire sample.

	ENTIRE SAMPLE (n=107)	Study completed (n=95)	Study incompleted (n=12)
Age (y), median (IQR)	28 (13)	27 (10)	34 (27)
Height (cm), mean (\pmSD)	169.9 (\pm 9.8)	169.9 (\pm 9.8)	169.7 (\pm 10.1)
Weight (kg), mean (\pmSD)	68.8 (\pm 14.2)	68.5 (\pm 14.2)	71.2 (\pm 14.8)
Female / Male (%)	57.9/42.1	57.9/42.1	58.3/41.7
Body Mass Index (kg/m²), median (IQR)	23.4 (4.3)	23.4 (4.2)	23.6 (6.5)
Level of education (n%)			
<i>Professional degree</i>	6.8 %	7.4%	0.0%
<i>Secondary School</i>	2.9 %	3.2%	0.0%
<i>Upper Secondary School</i>	21.4 %	18.9%	33.3%
<i>University degree</i>	68.9%	69.5%	41.7%
<i>Missing</i>	3.7%	1.1%	25.0%
Expectation of improvement in pain median (IQR), (-5 to 5)	4 (2)	4 (2)	4 (2)
Expectation of improvement in disability median (IQR) (-5 to 5)	3.5 (1.9)	4 (1.9)	3 (1.5)
Kinesiophobia-Tampa Scale mean(\pmSD), (/68)	29.5 (\pm 11.1)	29.2 (\pm 11.1)	31.6 (\pm 11.3)
Level of anxiety -STAI YA median (IQR), (/100)	34 (13)	34 (15)	33 (9)
<i>Very low</i>	51%	51%	58%
<i>Low</i>	30%	31%	25%
<i>Moderate</i>	11%	12%	8%
<i>High</i>	5%	5%	0%
<i>Severe</i>	2%	2%	0%
<i>Missing</i>	1%	0%	8%
Level of anxiety -STAI YB median (IQR), (/100)	38 (14)	39 (14)	35 (15)
<i>Very low</i>	37%	35%	58%
<i>Low</i>	38%	31%	8%
<i>Moderate</i>	25%	25%	25%
<i>High</i>	5%	5%	0%
<i>Severe</i>	3%	3%	0%
<i>Missing</i>	2%	1%	8%
Pain - NRS median (IQR), (/10)	5 (2.6)	4.76 (2.7)	5 (2.5)
<i>Missing (n)</i>	23	12	X
Disability - QBPS median (IQR), (/100)	12 (15)	12 (15)	8.5 (18)
<i>Missing (n)</i>	1	X	X

* if significant values; ^aWilcoxon rank-sum test; ^bttest; ^cchi2; ^dFischer

n = number of patients; SD = Standard Deviation; STAI= State-Trait-Anxiety Inventory; NRS= Numeric Rating Scale; QBPS= Quebec Back Pain Scale; IQR= Interquartile Range

Mean (\pm SD) are presented for parametric test and Median (IQR) are presented for non-parametric test

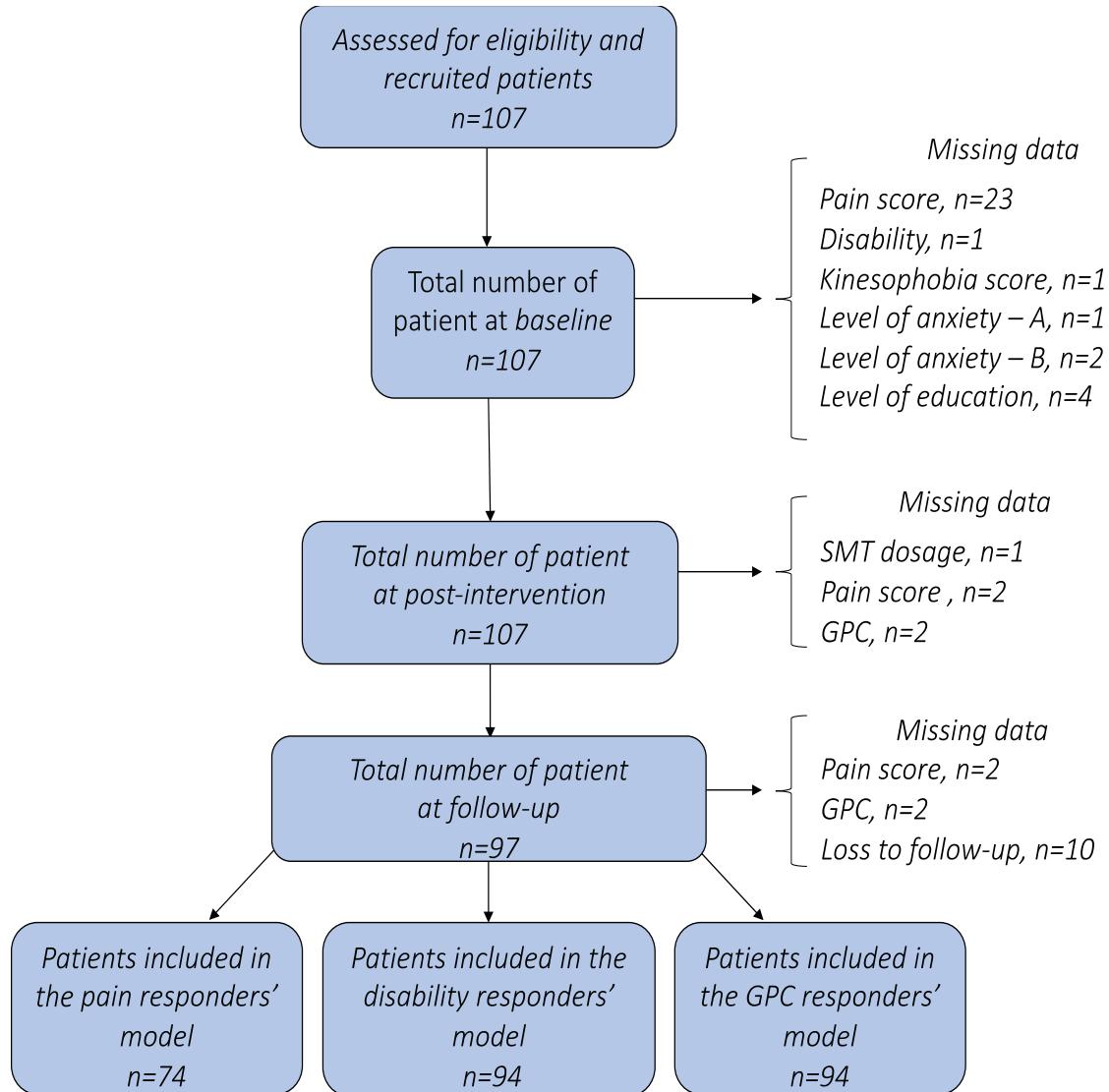


Figure 5.2 Flow diagram of included patients and data, at each measurement time point.

One given patient may have missing data for one outcome and still be included in the next stages of the study. (GPC= Global Perceived Change; SMT: Spinal Manipulative Therapy)

Biomechanical characteristics of SMT

Out of 107 thoracic SMT provided by chiropractic students in their final year of clinical training, 106 were recorded. Data from one SMT was not available due to technical difficulties during data collection. Mean peak force averaged 450.8N ($SD \pm 156.3$), with a mean time-to-peak of 134.9ms (± 41.9). SMT force-time profile characteristics are presented in table 2.

Tableau 5.2 Biomechanical parameters of spinal manipulation (n=106)

Biomechanical parameters	Mean (\pmSD)
Preload force (N)	185.6 (\pm 188.3)
Peak force (N)	450.6 (\pm 155.5)
Thrust duration (ms)	134.9 (\pm 41.7)
Drop in preload (N)	34.7 (\pm 40.3)
Rate of force (N/s)	2364.1 (\pm 864.9)

SD= Standard Deviation

Description of outcome variables

Mean pain intensity at baseline, at post-intervention, and at follow-up averaged respectively 4.9 (\pm 1.7), 3.2 (\pm 2.3) and 2.6 (\pm 2.2). A decrease of -1.1 (\pm 2.05) and -1.9 (\pm 2.3) of the mean pain intensity change was observed at post-intervention and at follow-up. Means of each outcome measured at baseline, post-intervention and follow-up are presented in table 3.

Tableau 5.3 Description of outcome measures

	Baseline	Post-intervention	Mean change at post-intervention	Follow-up	Mean change at follow-up
Pain – NRS (/10)					
<i>Sample (n)</i>	84	105	82	95	74
<i>Mean ($\pm SD$)</i>	4.9 (± 1.7)	3.2 (± 2.3)	-1.1 (± 2.05) [95% CI -1.5 — 0.6]	2.6 (± 2.2)	-1.9 (± 2.3) [95% CI -2.5 — 1.4]
<i>Missing values (n)</i>	23	2	25	12	33
Disability – QBPS (/100)					
<i>Sample (n)</i>	106	X	X	95	94
<i>Mean ($\pm SD$)</i>	15.6 (± 13.6)			11.7 (± 12.2)	-3.7 (± 8.3) [95% CI -5.4 — 2.1]
<i>Missing values (n)</i>	1			12	13
GPC (-5 +5)					
<i>Sample (n)</i>	X	105	X	95	X
<i>Mean ($\pm SD$)</i>		2.3 (± 1.6)		2.4 (± 1.7)	
<i>Missing values (n)</i>		2		12	

n = number of patients; SD = Standard Deviation; STAI= State-Trait-Anxiety Inventory; NRS= Numeric Rating Scale; QBPS= Quebec Back Pain Scale; GPC= Global Perceived change; CI = Confident interval

Tableau 5.4 Improvement status.

	At post-intervention		At follow-up	
Pain intensity				
Responders n(%)	31	37.8%	49	66.2%
Non-responders n(%)	51	62.2%	25	33.7%
Disability level				
Responders n(%)	X		41	43.6%
Non-responders n(%)			53	56.3%
GPC				
Responders n(%)	68	64.7%	68	72.3%
Non-responders n(%)	37	35.2%	26	27.6%

n = number of patients; NRS=Numeric Rating Scale; QBPS= Quebec Back Pain Scale; GPC= Global perceived change

Candidate prognostic factors of pain responder status

Thirty-one patients (37.8%) were classified as responders based on pain improvement after the procedure, and 49 patients (66.2%) at follow-up (table 4). Results of T-test or Wilcoxon rank sum test for all independent variables and pain status responders are presented in supplementary file 1. For post-intervention pain responders, results showed differences between groups for comfort of SMT ($p<0.001$). At follow-up, results showed differences between groups for expectation of disability improvement ($p=0.036$). The strength of these associations was assessed using univariate models of candidate prognostic factors associated with pain responder status at post intervention and follow-up are presented in table 5. Comfort of SMT was associated with pain responder status at post-intervention ($OR = 1.542$; [95%CI 1.192—1.996], $p=0.017$, $r^2=0.1282$). Expectation of disability improvement was associated with pain responder status at follow-up ($OR = 1.622$; [95%CI 1.058—2.485], $p=0.026$, $r^2=0.0570$). Pain change at post-intervention was associated with pain responder status at follow-up ($OR = 1.381$; [95%CI 1.015—1.879], $p=0.039$, $r^2=0.0545$).

Tableau 5.5 Univariate models of candidate prognostic factors associated with pain responder status at post intervention and follow-up (Odds Ratios, confidence intervals and p-values).

Univariate models of candidate prognostic factors associated with responders' pain status at post-intervention			
Variables	Odds ratios [95% CI]	p-value	r²
Comfort of SMT	1.542 [1.192–1.996]	<0.001	0.1282
Univariate models of candidate prognostic factors associated with responders' pain status at follow-up			
Variables	Odds ratios [95% CI]	p-value	r²
Expectation of improvement in disability	1.622 [1.058–2.485]	0.026	0.0570
Pain change at post-intervention	1.381 [1.015–1.879]	0.039	0.0545

CI= Confident interval; SMT = Spinal manipulative therapy;

Candidate prognostic factors of disability responder status

Of the 94 patients with complete data, 41 (43.6%) were classified as responders, based on improvement of their disability level at follow-up (table 4), where no differences were found between the disability responder status and independent variables ($p>0.05$). Baseline characteristics of the disability responder status at follow-up are presented in supplementary file 2.

Candidate prognostic factors of GPC responder status

Of the 105 patients with complete data, 68 (64.7%) were classified as responders, based on their improvement of global perceived change at post-intervention and out of 94, 68 patients (72.3%) at follow-up (table 4). Results of T-test or Wilcoxon rank sum tests for all independent variables and GPC responder status are presented in supplementary file 3. For GPC responder status at post-intervention, results showed differences between groups for expectation of disability improvement ($p=0.022$) and comfort of SMT ($p<0.001$). At follow-up, results showed differences between responders for expectation for improvement in pain ($p=0.005$), in disability ($p=0.017$), comfort of SMT ($p=0.006$), as well as GPC at post-intervention ($p<0.001$). The strength of these associations at post-intervention and follow-up are presented in table 6. Expectation of disability improvement was associated with GPC responder status at post-

intervention (OR=1.487; [95% CI 1.074—2.058], p=0.017, r²=0.0446), as well as at follow-up (OR= 1.726; [95%CI 1.178—2.528], p=0.005, r²=0.0780). Comfort of SMT was associated with GPC responder status at post-intervention (OR =1.326; [95% CI 1.106—1.588], p=0.002, r²=0.0759) as well as at follow-up (OR = 1.305; [95% CI 1.069—1.594], p=0.009, r²=0.0685). Expectation of pain improvement was associated with GPC responder status at follow-up (OR=1.479; [95%CI 1.029—2.127], p=0.034, r²=0.0453). GPC at post-intervention was also associated with GPC at follow-up (OR = 2.200; 95% CI [1.479—3.273], p<0.001).

Tableau 5.6. Univariate models of candidate prognostic factors associated with GPC responder status at post intervention and follow-up (Odds Ratios, confidence intervals and p-values).

Univariate models of candidate prognostic factors associated with GPC responder status at post-intervention			
Variables	Odds ratios [95% CI]	p-value	r ²
Expectation of improvement in disability	1.487 [1.074—2.058]	0.017	0.0446
Comfort of SMT	1.326 [1.106—1.588]	0.002	0.0759
Univariate models of candidate prognostic factors associated with GPC responder status at follow-up			
Variables	Odds ratios [95% CI]	p-value	r ²
Expectation of improvement in pain	1.479 [1.029—2.127]	0.034	0.0453
Expectation of improvement in disability	1.726 [1.178—2.528]	0.005	0.0780
Comfort of SMT	1.305 [1.069—1.594]	0.009	0.0685
GPC score at post-intervention	2.200 [1.479—3.273]	<0.001	0.2011

CI= Confident interval; SMT = Spinal manipulative therapy; GPC= global perceived change

No association was found between pain, disability or GPC responder status and biomechanical parameters of SMT.

Descriptive results of patients' response profiles

Out of the 107 patients, seventy (65.4%) presented complete data. For pain responder status, 28 patients responded to treatment at post-intervention with a total of 23 still responders at follow-up. For disability responder status, 32 patients were responders to treatment at follow-up. For GPC responder status, 46 patients were responders at post-intervention with 37 still responders at follow-up. Details of responders' status are presented in figure 5.3. Out of the 70 patients with complete data, 22 response profiles were identified, with a total of 9 patients responding at each time point for all outcomes, 5 patients who did not respond at all and 20 patients who responded for all outcomes at follow-up regardless of their profile at post-intervention. Details of responders' profile are presented in figure 5.4.

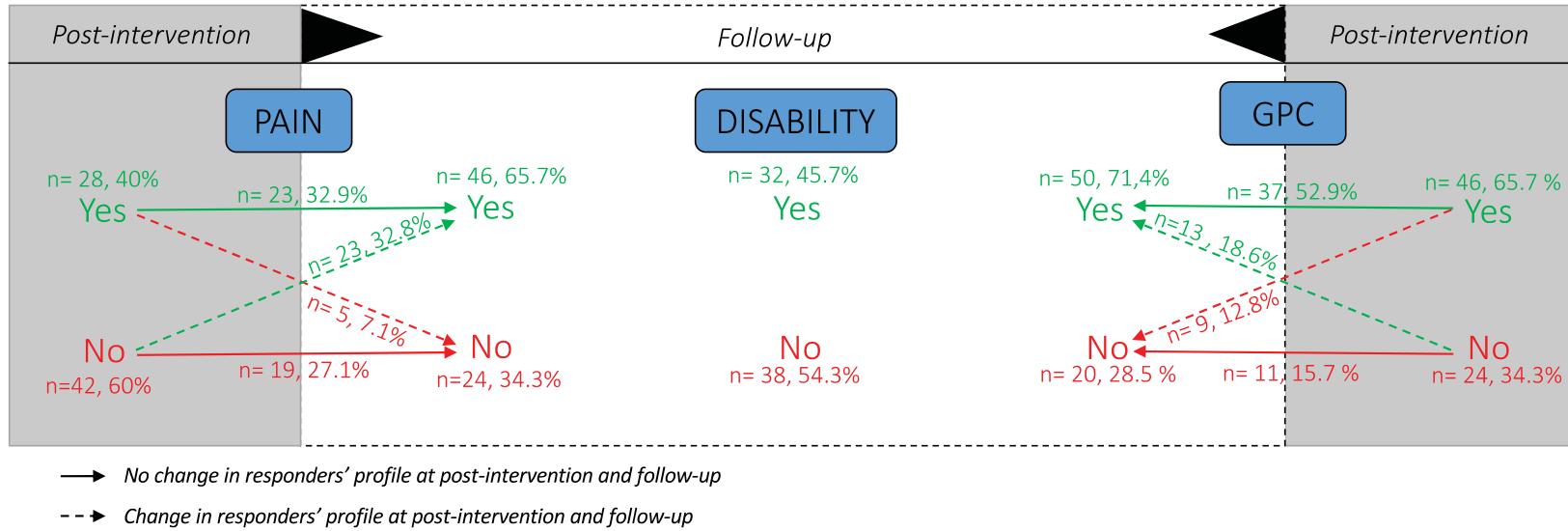


Figure 5.3 Number and proportions of responders (Yes) and non-responders (No) at each time point for each outcome measures.

Based on complete data of n=70 patients

GPC= Global Perceived Change

Yes = responders

No = non-responders

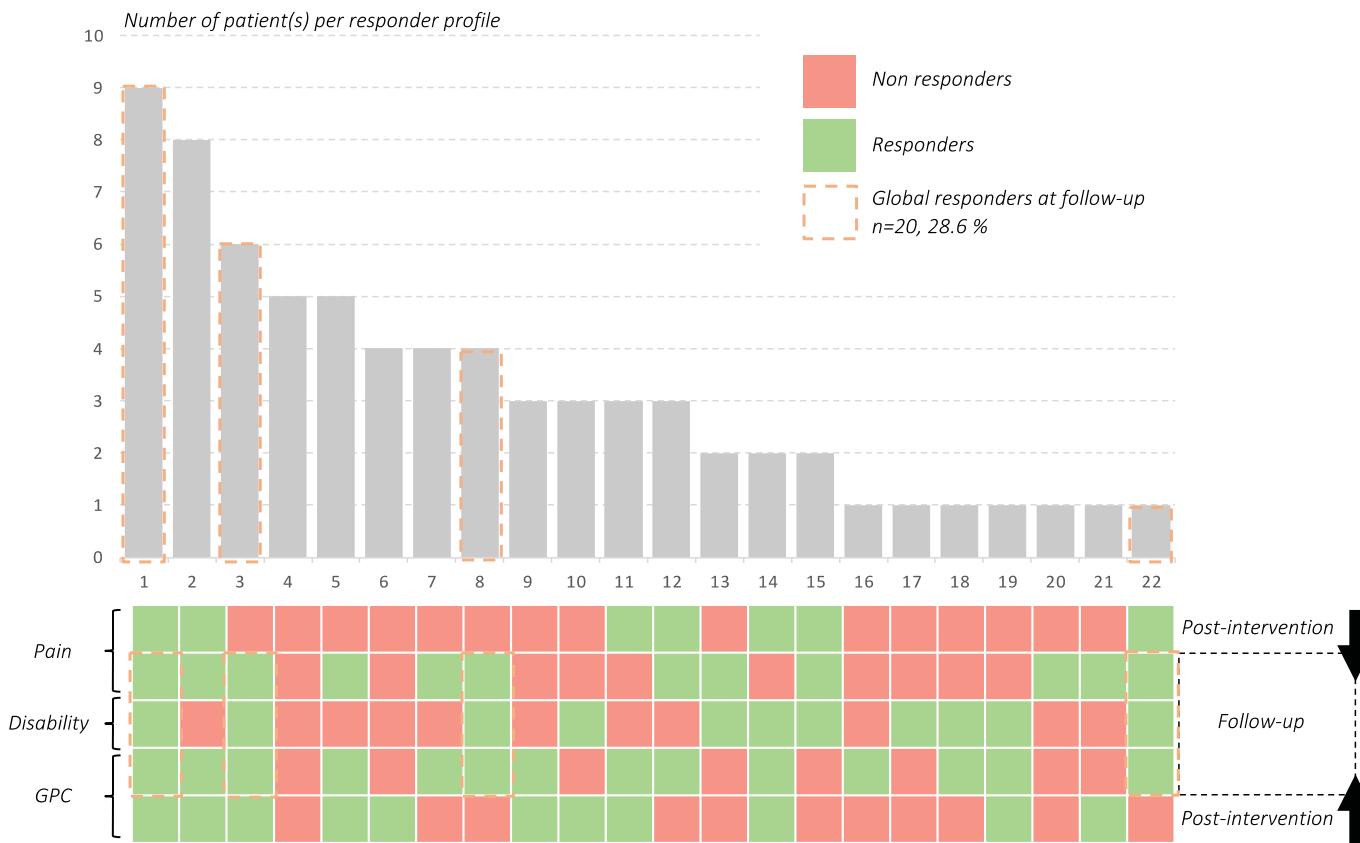


Figure 5.4 Patients' response profiles and proportions.

Complete data on n= 70 patients with 22 patients' response profiles observed.

For example, 9 patients (profile 1) were responders at all time points for each outcome whereas 5 patients were non-responders at all time points for each outcome (profile 4).

GPC= Global Perceived Change

SMS tracking and adverse events

SMS tracking was used to assess side effects for 6 days after the intervention. At day 1, there was a response rate of 84.1% of the 107 patients, with a mean pain of 3.15(± 1.97). At day 6, we observed a response rate of 46.7%, with only 50 patients who kept answering the SMS. Mean pain at day 6 averaged 2.82 (± 2.2). Response rates for adverse events averaged 12.1%, with only 13 patients reporting adverse events, such as pain increase (n=10) or muscle aches (n=3).

Discussion

Based on current evidence suggesting that changes in SMT dosages can lead to changes in physiological and clinical responses, this current study sought out to identify candidate prognostic factors associated with positive short-term treatment responses in chronic thoracic spine pain using SMT. Results indicated that baseline characteristics including expectation of improvement in pain and disability, as well as post-intervention variables such as patients' perceived comfort of SMT and global perceived change were associated with the pain and GPC responder status at post-intervention and/or follow-up. Moreover, the study was designed to identify SMT dosages associated with positive treatment responses. The results showed no association between the biomechanical parameters of SMT and those who responded to treatment for pain, disability levels, as well as the global perceived change score.

Biomechanical parameters of SMT

This cohort study explored force-time dosage as a candidate prognostic factor and its potential relationship with clinical outcomes. In a scoping review, Pasquier et al. investigated the current state of scientific knowledge regarding effects of SMT dosages on physiological and clinical responses, and identified studies investigating effects of dosage on clinical outcomes (Pasquier, Daneau et al. 2019). In a recent study, Pagé et al. explored the effect of SMT biomechanical parameters on several outcomes in patients with chronic thoracic pain. Pre-

determined doses of peak force, impulse duration, and rates of force applications were used in three different groups and compared to a placebo (Page and Descarreaux 2019). Their results showed a decrease in pain intensity and disability regardless of dosages in all groups, but no significant dosage effects on clinical outcomes. Overall, these results support the findings of our cohort study and highlight the heterogeneous and relatively scarce nature of current scientific evidence regarding SMT dosages.

Manipulation and mobilization dosage effects have, however, been described for cervical spine treatment. Gudavalli et al. investigated the effect of three different manually delivered cervical traction forces (low, medium and high) on patients experiencing chronic neck pain (Gudavalli, Salsbury et al.). The results of this pilot study on 48 patients showed that high-force traction significantly improved neck pain, compared to low-force traction, whereas improvements in disability were significantly greater for medium and high-force traction, compared to low-force traction. In a randomized control trial, Snodgrass et al. studied the effect of a manual therapy (SMT) using different doses (90N, 30N, placebo) on both clinical and biomechanical outcomes in patients with neck pain. Their results showed a greater decrease in pain at 4 days in patients treated with 90N spinal mobilization than in those treated with a 30N spinal mobilization, but no difference with patients in the placebo group (Snodgrass, Rivett et al. 2014).

Comfort of SMT

Although our study failed to identify a SMT dosage associated with short-term clinical outcome improvement, this is the first study to investigate how SMT biomechanical parameters and related comfort are associated with short-term clinical outcomes. Results show that patients' perceived comfort of SMT is associated with an improvement in pain immediately following the intervention and with a global perceived change immediately after the intervention and at follow-up. Our results indicate that patients who rated a higher score for comfort of SMT were more likely to have a decrease of pain and to experience a global change of their symptoms during this one-week post-procedure. Through a Delphi process, O'Donnell et al. investigated what educators and clinicians considered to be important characteristics of the patients and

clinicians' positions before and during SMT. Results showed that patient comfort was identified as important, with a high level of agreement (O'Donnell, Smith et al. 2016). In addition to this Delphi, Pasquier et al. investigated associations between objective SMT biomechanical parameters and subjective assessments such as patient comfort perceived by patients, clinicians, and expert assessors (Pasquier, Cheron et al. 2020) . Results showed that perceived comfort of the thoracic SMT assessed by the 3 different populations was mostly associated with perceived thrust duration and preload characteristics. The authors also suggest that subjective assessments such as comfort of SMT should be included in manual therapist education and assessment to enhance patients' care.

Comfort is a concept that has been studied in different environments (surgery, geriatrics or manual care), and for which investigators have developed guidelines and consensus statements to enhance patients' experience (Chooi, White Am Fau - Tan et al. , Lu, Hart Lk Fau - Lutgendorf et al. , Myles, Boney et al. 2018). For instance, to improve perioperative care, it is recommended that patients' experience of comfort be evaluated (Myles, Boney et al. 2018). From a manual care perspective, comfort can also be assimilated to the therapeutic touch. Therapeutic touch has been identified as a modulator of MSD clinical outcomes or even as a placebo, with a positive influence on pain, and is classified as a powerful non-verbal communication tool for therapists (Testa and Rosettini 2016). Comfort touch has been described in nursing and physiotherapy as a useful strategy to relieve musculoskeletal pain (Monroe , Zangrando, Piccinini et al. , Palese, Cadorin et al. 2019).

Expectations of improvement

Results of the present study show that patients were more likely to have a meaningful decrease in pain intensity when expectation of disability improvement was greater at baseline. In addition, a meaningful GPC at follow-up was associated with greater expectation scores for improvement in pain and disability.

Expectations have been studied recently in the context of SMT. Indeed, Pagé et al. investigated the effect of SMT on outcomes in patients with chronic thoracic pain (Page and Descarreux 2019). Exploratory results showed that there was no association between initial expectation and "improved" patients after SMT sessions and initial expectation could not predict

patients' response to treatment. Moreover, in a review, expectations have been studied and identified as important in the placebo analgesia process, and seem to be associated with changes in clinical outcomes of a treatment (Finniss and Benedetti , Testa and Rosettini 2016). In a study investigating expectations in patients with thoracic spine pain, Bishop et al. investigated patients' expectations of improvement when care is delivered by physical therapists. Their studies investigated the extent to which the patients' expectations, particularly for spinal manipulation, affect clinical outcomes. Their results showed, for patients with low back pain as well as patients with neck pain, that expectations of benefit were greater for manual therapy compared to other therapies. Results also showed that expectations of improvement following SMT was associated with increased short-term recovery and long-term decrease in disability (Bishop, Smith R Fau - Lewith et al. , Bishop, Mintken Pe Fau - Bialosky et al.).

Cormier et al. explored the association between expectations and clinical outcomes of patients with chronic pain. The authors showed that there is an association between expectations and clinical outcomes following a multidisciplinary treatment approach for chronic pain. Their results showed that pain responder status was associated with greater pretreatment expectations and higher global perception of change after care (Cormier, Lavigne et al. 2016). A systematic review sought to synthesize evidence on the association between expectations and various outcomes in adults with low back pain. The results showed that expectations may be associated with clinically important recovery outcomes, but also that the overall evidence was of low quality (Hayden, Wilson et al. 2019). Overall, our results indicating that the pain and GPC responder status were linked to more positive expectation of pain improvement or disability prior to an SMT treatment and seem to support the results of previous studies.

Other candidate prognostic factors

Although patients' characteristics were assessed in this study, none were linked to clinical responses. Anthropometric criteria such as height, weight or BMI do not influence treatment response. Moreover, the influence of anthropometric characteristics on biomechanics parameters has been previously investigated. Mikhail et al. (2020) investigated the difference between the force measured at the patient-table interface and the force applied at the clinician-patient interface during thoracic spinal manipulative treatment and mobilization to determine

the influence of the manipulation or mobilization characteristics, patients' anthropometry, and muscle activity on this difference. The results showed that the forces measured at the patient-table interface are slightly greater than the forces applied at the clinician-patient interface during thoracic manipulations and mobilizations. In addition, results suggest that anthropometric characteristics and muscle activation do not influence on the difference between the forces at the patient-table and clinician-patient interface (Mikhail, Funabashi et al. 2020).

While patients' characteristics were not correlated with any outcome in the model, 20 patients were full responders at the follow-up (patients who met or exceeded MIC for all outcomes variables at follow-up). These 20 patients included 11 women (mean age = 32.9 ± 15.4) and 9 men (mean age = 29.9 ± 9.8) with women presenting significantly higher level of disability at baseline (24.6 ± 16.3 vs 10.9 ± 5.6 ; $p=0.027$). Global responders ($n=20$) at follow-up had higher expectation for pain improvement and disability, higher GPC score post-intervention and lesser pain at post-intervention compared to non-responders ($n=9$).

From a clinical standpoint, it is noteworthy to mention that we did not find a strong candidate prognostic factor of treatment response in our study, but defining responders is challenging and could be a reason explaining those difficulties.

Limitations

One of the main limitations of this observational study is its short-term follow-up. A seven-day period did not allow us to observe changes over a longer period of time in the same patient. It is therefore not possible to establish long-term associations between expectations, SMT comfort and clinical outcomes. Such design does not provide evidence of causation, but certainly informs future studies by identifying SMT candidate prognostic factors.

A second limitation is the loss of patients to follow up and missing data. Despite our efforts to minimize follow-up data loss, a total of 10 patients did not complete any of the follow-up assessment. In addition, the Quebec Back Pain Disability Scale was assessed only at baseline and follow-up because it was deemed irrelevant to evaluate patients' disability changes immediately following spinal manipulative treatment, since it evaluates daily life activities. Functional capacities following SMT could be investigated in future studies through range of

motion, strength, stiffness or other performance-based outcomes (Passmore and Descarreaux 2012).

Other limitations include our definition of chronic pain based only on symptom duration and included both persistent and recurrent pain patterns which are sometimes considered as two distinct conditions. Additionally, there is currently no available MIC for thoracic spine pain populations following SMT. However, since MIC is considered both patient and intervention dependent, it was deemed reasonable to use values drawn from low back pain population (Ostelo, Deyo et al. 2008).

Moreover, the study was not designed to test an overall responder model combining pain, disability and global perceived change. Future research should examine these candidate prognostic factors in combination. Finally, interventions were provided by chiropractic students in an educational outpatient clinic under the supervision of expert clinicians. This particular clinical context may limit the overall generalizability of the results.

Practical and clinical applications

Although this study did not highlight any association between SMT force-time profile and treatment responses, it seems to suggest that perceived comfort may be associated with clinical outcomes. Dosage parameters of SMT might therefore be indirectly linked to clinical responses, and patients' preferences in dosage should be considered in future studies. Indeed, a previous study showed that comfort of SMT is associated with thrust duration, preload force as well as drop in preload force (Pasquier, Cheron et al. 2020). Regardless SMT biomechanical parameters, the manual therapist's education and training should emphasize patient preferences and adapt manual techniques in light of previous SMT experiences and perceived comfort of the procedure. Future studies investigating patients' preference including preferred dosages and associated clinical outcomes are warranted. Long-term prognostic factors should also be investigated.

Conclusion

In conclusion, this exploratory study investigating short-term candidate prognostic factors of positive responses to a spinal manipulation treatment in patients with non-specific

thoracic back pain showed that no specific dosage of SMT is associated with short-term clinical responses to treatment. However, expectations of improvement, as well as patient's comfort with SMT and pain change at post-intervention were associated with a positive response to treatment. The study suggests that usual clinical outcomes such as pain and disability may not be the only factors of a positive treatment to consider when establishing prognosis for patient with thoracic spine pain. The result of this study should be considered as a basis for further causation or prediction studies aiming to develop clinical strategies and enhance management of patients with spinal pain.

References

- "The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies."
- (2016). "NICE guideline. Low back pain and sciatica in over 16s: assessment and management.".
- Axen, I., I. Jensen, E. Butler Forslund, B. Grahn, V. Jorgensen, C. H. Opava and L. Bodin (2020). "Frequently repeated measurements -our experience of collecting data with SMS." BMC Med Res Methodol **20**(1): 124.
- Barnes, L. L. B., Harp, D., & Jung, W. S. (2002). "Reliability generalization of scores on the Spielberger State-Trait Anxiety Inventory. ." Educational and Psychological Measurement **62**(4): 603–618.
- Beliveau, P. J. H., J. J. Wong, D. A. Sutton, N. B. Simon, A. E. Bussieres, S. A. Mior and S. D. French (2017). "The chiropractic profession: a scoping review of utilization rates, reasons for seeking care, patient profiles, and care provided." Chiropr Man Therap **25**: 35.
- Bishop, F. L., G. T. Smith R Fau - Lewith and G. T. Lewith "Patient preferences for technical skills versus interpersonal skills in chiropractors and physiotherapists treating low back pain." (1460-2229 (Electronic)).
- Bishop, M. D., J. E. Mintken Pe Fau - Bialosky, J. A. Bialosky Je Fau - Cleland and J. A. Cleland "Patient expectations of benefit from interventions for neck pain and resulting influence on outcomes." (1938-1344 (Electronic)).
- Briggs, A. M., P. Bragge, A. J. Smith, D. Govil and L. M. Straker (2009). "Prevalence and associated factors for thoracic spine pain in the adult working population: a literature review." J Occup Health **51**(3): 177-192.
- Briggs, A. M., A. J. Smith, L. M. Straker and P. Bragge (2009). "Thoracic spine pain in the general population: prevalence, incidence and associated factors in children, adolescents and adults. A systematic review." BMC Musculoskelet Disord **10**: 77.
- Chooi, C. S., S. G. M. White Am Fau - Tan, K. Tan Sg Fau - Dowling, A. M. Dowling K Fau - Cyna and A. M. Cyna "Pain vs comfort scores after Caesarean section: a randomized trial." (1471-6771 (Electronic)).
- Clar, C., A. Tsartsadze, R. Court, G. L. Hundt, A. Clarke and P. Sutcliffe (2014). "Clinical effectiveness of manual therapy for the management of musculoskeletal and non-musculoskeletal conditions: systematic review and update of UK evidence report." Chiropr Man Therap **22**(1): 12.

Cormier, S., G. L. Lavigne, M. Choiniere and P. Rainville (2016). "Expectations predict chronic pain treatment outcomes." Pain **157**(2): 329-338.

Corp, N., G. Mansell, S. Stynes, G. Wynne-Jones, L. Morso, J. C. Hill and D. A. van der Windt (2021). "Evidence-based treatment recommendations for neck and low back pain across Europe: A systematic review of guidelines." Eur J Pain **25**(2): 275-295.

Dworkin, R. H., D. C. Turk, J. T. Farrar, J. A. Haythornthwaite, M. P. Jensen, N. P. Katz, R. D. Kerns, G. Stucki, R. R. Allen, N. Bellamy, D. B. Carr, J. Chandler, P. Cowan, R. Dionne, B. S. Galer, S. Hertz, A. R. Jadad, L. D. Kramer, D. C. Manning, S. Martin, C. G. McCormick, M. P. McDermott, P. McGrath, S. Quessy, B. A. Rappaport, W. Robbins, J. P. Robinson, M. Rothman, M. A. Royal, L. Simon, J. W. Stauffer, W. Stein, J. Tollett, J. Wernicke, J. Witter and Immpact (2005). "Core outcome measures for chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations." Pain **113**(1-2): 9-19.

Finniss, D. G. and F. Benedetti "Mechanisms of the placebo response and their impact on clinical trials and clinical practice." (0304-3959 (Print)).

Fouquet, N., J. Bodin, A. Descatha, A. Petit, A. Ramond, C. Ha and Y. Roquelaure (2015). "Prevalence of thoracic spine pain in a surveillance network." Occup Med (Lond) **65**(2): 122-125.

Gudavalli, M. R., S. A. Salsbury, R. D. Vining, C. R. Long, L. Corber, A. G. Patwardhan and C. M. Goertz "Development of an attention-touch control for manual cervical distraction: a pilot randomized clinical trial for patients with neck pain." (1745-6215 (Electronic)).

Hayden, J. A., P. Cote, I. A. Steenstra, C. Bombardier and Q.-L. W. Group (2008). "Identifying phases of investigation helps planning, appraising, and applying the results of explanatory prognosis studies." J Clin Epidemiol **61**(6): 552-560.

Hayden, J. A., M. N. Wilson, R. D. Riley, R. Iles, T. Pincus and R. Ogilvie (2019). "Individual recovery expectations and prognosis of outcomes in non-specific low back pain: prognostic factor review." Cochrane Database Syst Rev **2019**(11).

Hemingway, H., P. Croft, P. Perel, J. A. Hayden, K. Abrams, A. Timmis, A. Briggs, R. Uдумян, K. G. Moons, E. W. Steyerberg, I. Roberts, S. Schroter, D. G. Altman, R. D. Riley and P. Group (2013). "Prognosis research strategy (PROGRESS) 1: a framework for researching clinical outcomes." BMJ **346**: e5595.

Herzog, W. (2010). "The biomechanics of spinal manipulation." J Bodyw Mov Ther **14**(3): 280-286.

Hjermstad, M. J., P. M. Fayers, D. F. Haugen, A. Caraceni, G. W. Hanks, J. H. Loge, R. Fainsinger, N. Aass, S. Kaasa and C. European Palliative Care Research (2011). "Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for

assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review." J Pain Symptom Manage **41**(6): 1073-1093.

Hudes, K. (2011). "The Tampa Scale of Kinesiophobia and neck pain, disability and range of motion: a narrative review of the literature." J Can Chiropr Assoc **55**(3): 222-232.

Kamper, S. J., C. G. Maher and G. Mackay (2009). "Global rating of change scales: a review of strengths and weaknesses and considerations for design." J Man Manip Ther **17**(3): 163-170.

Kent, P., C. Cancelliere, E. Boyle, J. D. Cassidy and A. Kongsted (2020). "A conceptual framework for prognostic research." BMC Med Res Methodol **20**(1): 172.

Knecht, C., S. Hartnack, B. Sick, F. Riner, P. Schweinhardt and B. Wirth (2020). "A prospective observational study on trajectories and prognostic factors of mid back pain." BMC Musculoskelet Disord **21**(1): 554.

Kopec, J. A., J. M. Esdaile, M. Abrahamowicz, L. Abenhaim, S. Wood-Dauphinee, D. L. Lamping and J. I. Williams (1996). "The Quebec Back Pain Disability Scale: conceptualization and development." J Clin Epidemiol **49**(2): 151-161.

Leboeuf-Yde, C., R. Fejer, J. Nielsen, K. O. Kyvik and J. Hartvigsen (2011). "Consequences of spinal pain: do age and gender matter? A Danish cross-sectional population-based study of 34,902 individuals 20-71 years of age." BMC Musculoskelet Disord **12**: 39.

Leboeuf-Yde, C., R. Fejer, J. Nielsen, K. O. Kyvik and J. Hartvigsen (2012). "Pain in the three spinal regions: the same disorder? Data from a population-based sample of 34,902 Danish adults." Chiropr Man Therap **20**: 11.

Lima, C. R., D. F. Martins and W. R. Reed (2020). "Physiological Responses Induced by Manual Therapy in Animal Models: A Scoping Review." Front Neurosci **14**: 430.

Lin, I., L. Wiles, R. Waller, R. Goucke, Y. Nagree, M. Gibberd, L. Straker, C. G. Maher and P. P. B. O'Sullivan (2020). "What does best practice care for musculoskeletal pain look like? Eleven consistent recommendations from high-quality clinical practice guidelines: systematic review." Br J Sports Med **54**(2): 79-86.

Lu, D. F., S. K. Hart Lk Fau - Lutgendorf, Y. Lutgendorf Sk Fau - Perkhounkova and Y. Perkhounkova "The effect of healing touch on the pain and mobility of persons with osteoarthritis: a feasibility study." (1528-3984 (Electronic)).

Lundberg, M. K. E., J. Styf and S. G. Carlsson (2004). "A psychometric evaluation of the Tampa Scale for Kinesiophobia — from a physiotherapeutic perspective." Physiotherapy Theory and Practice **20**(2): 121-133.

Mikhail, J., M. Funabashi, M. Descarreaux and I. Page (2020). "Assessing forces during spinal manipulation and mobilization: factors influencing the difference between forces at the patient-table and clinician-patient interfaces." Chiropr Man Therap **28**(1): 57.

- Monroe, C. M. "The effects of therapeutic touch on pain." (0898-0101 (Print)).
- Myles, P. S., O. Boney, M. Botti, A. M. Cyna, T. J. Gan, M. P. Jensen, H. Kehlet, A. Kurz, G. S. De Oliveira, Jr., P. Peyton, D. I. Sessler, M. R. Tramer, C. L. Wu, E. P. C. G. St, P. Myles, M. Grocott, B. Biccard, J. Blazeby, O. Boney, M. Chan, E. Diouf, L. Fleisher, C. Kalkman, A. Kurz, R. Moonesinghe and D. Wijeysundera (2018). "Systematic review and consensus definitions for the Standardised Endpoints in Perioperative Medicine (StEP) initiative: patient comfort." *Br J Anaesth* **120**(4): 705-711.
- O'Donnell, M., J. A. Smith, A. Abzug and K. Kulig (2016). "How should we teach lumbar manipulation? A consensus study." *Man Ther* **25**: 1-10.
- Ostelo, R. W., R. A. Deyo, P. Stratford, G. Waddell, P. Croft, M. Von Korff, L. M. Bouter and H. C. de Vet (2008). "Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change." *Spine (Phila Pa 1976)* **33**(1): 90-94.
- Page, I. and M. Descarreaux (2019). "Effects of spinal manipulative therapy biomechanical parameters on clinical and biomechanical outcomes of participants with chronic thoracic pain: a randomized controlled experimental trial." *BMC Musculoskelet Disord* **20**(1): 29.
- Palese, A., L. Cadorin, M. Testa, T. Geri, L. Colloca and G. Rosettini (2019). "Contextual factors triggering placebo and nocebo effects in nursing practice: Findings from a national cross-sectional study." *J Clin Nurs* **28**(9-10): 1966-1978.
- Pasquier, M., C. Cheron, G. Barbier, C. Dugas, A. Lardon and M. Descarreaux (2020). "Learning Spinal Manipulation: Objective and Subjective Assessment of Performance." *J Manipulative Physiol Ther* **43**(3): 189-196.
- Pasquier, M., C. Daneau, A. A. Marchand, A. Lardon and M. Descarreaux (2019). "Spinal manipulation frequency and dosage effects on clinical and physiological outcomes: a scoping review." *Chiropr Man Therap* **27**: 23.
- Passmore, S. R. and M. Descarreaux (2012). "Performance based objective outcome measures and spinal manipulation." *J Electromyogr Kinesiol* **22**(5): 697-707.
- Rogers, C. M. and J. J. Triano (2003). "Biomechanical measure validation for spinal manipulation in clinical settings." *J Manipulative Physiol Ther* **26**(9): 539-548.
- Snodgrass, S. J., D. A. Rivett, M. Sterling and B. Vicenzino (2014). "Dose optimization for spinal treatment effectiveness: a randomized controlled trial investigating the effects of high and low mobilization forces in patients with neck pain." *J Orthop Sports Phys Ther* **44**(3): 141-152.
- Southerst, D., A. A. Marchand, P. Cote, H. M. Shearer, J. J. Wong, S. Varatharajan, K. Randhawa, D. Sutton, H. Yu, D. P. Gross, C. Jacobs, R. Goldgrub, M. Stupar, S. Mior, L. J. Carroll and A. Taylor-Vaisey (2015). "The effectiveness of noninvasive interventions for musculoskeletal thoracic spine and chest wall pain: a systematic review by the Ontario Protocol

for Traffic Injury Management (OPTIMa) collaboration." J Manipulative Physiol Ther **38**(7): 521-531.

Spielberger, C. D., Goruch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). "(1983). Manual for the state-trait inventory STAI (form Y)." Mind Garden, Palo Alto, CA, USA.

Strong, J., R. Ashton and D. Chant (1991). "Pain intensity measurement in chronic low back pain." Clin J Pain **7**(3): 209-218.

Testa, M. and G. Rossetti (2016). "Enhance placebo, avoid nocebo: How contextual factors affect physiotherapy outcomes." Man Ther **24**: 65-74.

Tubach, F., B. Giraudeau and P. Ravaud (2009). "The variability in minimal clinically important difference and patient acceptable symptomatic state values did not have an impact on treatment effect estimates." J Clin Epidemiol **62**(7): 725-728.

Von Korff, M., M. P. Jensen and P. Karoly (2000). "Assessing global pain severity by self-report in clinical and health services research." Spine (Phila Pa 1976) **25**(24): 3140-3151.

Vos, Abajobir, Abbafati, Abbas, Hassen Abate and a. collaborators (2017). "Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016." Lancet **390**(10100): 1211-1259.

World Health Organization (2005). WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic: 9-13.

Zangrando, F., G. Piccinini, C. Tagliolini, G. Marsilli, M. Iosa, M. C. Vulpiani and T. Paolucci "The efficacy of a preparatory phase of a touch-based approach in treating chronic low back pain: a randomized controlled trial." (1178-7090 (Print)).

Chapitre 6 – Discussion

Rappel des objectifs et synthèse des résultats des études

L'objectif principal de cette thèse était de décrire les réponses physiologiques et cliniques observées à la suite d'un traitement par manipulation vertébrale et de déterminer si la dose, établie à partir des paramètres biomécaniques qui caractérisent la manipulation vertébrale, influençait ces réponses. Les résultats rapportés par les différentes études menées dans le cadre de cette thèse ont permis d'améliorer l'état actuel des connaissances sur les notions de dose et plus spécifiquement celles de dosage et de fréquence propre à la manipulation vertébrale.

Dans un premier temps, les effets de dose des manipulations vertébrales ont été répertoriés grâce à la réalisation d'une revue intégrative. Les résultats ont été dissociés selon les effets de fréquence et de dosage, puis classés en fonction du type de réponses, physiologiques ou cliniques, ainsi que de la population étudiée, animale ou humaine. La revue intégrative menée en 2019 a permis d'identifier 32 articles. Six études cliniques randomisées abordent les effets de fréquence, exclusivement chez les humains. L'analyse du risque de biais nous indique que seuls deux essais cliniques évaluant les effets de fréquence présentent un faible risque de biais. Des changements cliniques ont été observés. Les résultats indiquent que l'augmentation du nombre de visites avec traitement par manipulation vertébrale, sur une courte période (quelques semaines) diminue la douleur et améliore l'incapacité des conditions étudiées. Dans la majorité des cas, ces différences entre les fréquences de traitement étudiées n'étaient pas statistiquement significatives. Parmi les 32 articles répertoriés, 26 études traitent des effets de dosage. On retrouve 12 études chez l'humain et 14 études chez l'animal. Chez l'homme, ainsi que l'animal, la modulation du dosage de la manipulation vertébrale a un impact sur le déplacement vertébral, l'amplitude de la réponse musculaire ou l'activité du fuseau musculaire. Le déplacement vertébral et les amplitudes des réponses musculaires augmentent lorsque les forces appliquées sont plus élevées. La revue intégrative n'a pas permis de mettre en évidence une fréquence et un dosage de traitement qui seraient bénéfiques aux patients dans le cadre de la prise en charge des douleurs rachidiennes.

Dans un second temps, l'association entre les paramètres biomécaniques objectifs et subjectifs ainsi que le confort perçu lors de la manipulation vertébrale ont été étudiés. Les paramètres subjectifs étaient évalués par trois populations différentes : des patients, des thérapeutes et des enseignants en technique de manipulation vertébrale. Les résultats de l'étude indiquent que la durée d'impulsion perçue par les enseignants et les patients était le seul paramètre significativement associé aux paramètres objectifs de la manipulation vertébrale, paramètres obtenus grâce à une table équipée d'une plateforme de force au niveau thoracique. Le confort évalué par les thérapeutes était significativement associé avec leur propre évaluation de la durée d'impulsion et de la force de mise en tension, tandis que le confort évalué par les enseignants était significativement corrélé avec leur propre évaluation de la durée d'impulsion et du relâchement de la force de mise en tension. Aucun des paramètres biomécaniques objectifs de la performance n'est associé au confort. Cette étude souligne d'une part l'importance de l'évaluation de la performance de la manipulation vertébrale afin de faire progresser les apprenants et de rendre la pratique de la thérapie manuelle plus sécuritaire. D'autre part, l'étude met en évidence l'importance du confort comme caractéristique inhérente au traitement. Cependant, les patients de cette étude étant asymptomatiques, la question persiste quant à la possible généralisation de ces résultats chez une population symptomatique.

Enfin, l'objectif principal de la troisième étude était d'identifier des facteurs prédicteurs potentiels aux réponses cliniques positives à court terme à la suite d'un traitement par manipulation vertébrale chez des patients atteints de dorsalgies non spécifiques. Un total de 107 patients (62 femmes et 45 hommes) a été recruté durant cette étude prospective observationnelle. Les patients ont été classés selon leur statut répondant ou non répondant à la manipulation vertébrale, en fonction des changements des variables de résultats que sont les mesures de douleur, de capacité fonctionnelle ou de changement global perçu. Immédiatement après la manipulation vertébrale, le confort perçu par le patient était associé au statut de répondant, à la douleur ainsi qu'au statut de répondant au changement global perçu. Les attentes vis-à-vis de l'amélioration de la capacité fonctionnelle étaient associées au statut de répondant au changement global perçu. Lors du suivi à une semaine, le confort et l'attente face à l'amélioration éventuelle de la douleur étaient associés au statut de répondant au changement global perçu. Il n'existe aucune association entre les statuts de répondant à la douleur ou à la capacité fonctionnelle et

au changement global perçu et les paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale (e.g. force de mise en tension, force maximale). À ce stade, l'étude n'a pas permis d'identifier de dosage spécifique associé aux réponses cliniques à court terme.

Dose et manipulation vertébrale

Le concept de la dose, appliqué au contexte de la manipulation vertébrale, est étudié depuis de nombreuses années comme le souligne les résultats de la revue intégrative. Malgré l'exploration du sujet, et à l'instar de produits médicamenteux tels que des traitements antipyrétiques ou des traitements antibiotiques, il n'est pas possible d'identifier une prescription « idéale ». Pourtant, de nombreux outils de quantification du dosage de la manipulation vertébrale existent. En 2021, Mercier et al. ont fait un état des lieux des propriétés métrologiques des différents outils disponibles permettant de mesurer les paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale et recensent un total de 16 outils différents (Mercier, Rousseau et al. 2021). Les auteurs rapportent un manque de standardisation dans la façon dont les mesures sont rapportées, ainsi que dans la terminologie des propriétés de mesures des outils recensés et mentionnent la nécessité de créer un cadre théorique afin d'améliorer l'utilisation des outils disponibles. Au-delà de l'aspect technique, on peut se demander quelles sont les barrières qui limitent l'utilisation plus fréquente de ces outils qui permettraient de mieux appréhender le dosage dans le contexte de la thérapie manuelle. Mercier et al. tentent de répondre à cette question, avec leur second objectif qui vise à comprendre les facteurs facilitant ou limitant l'utilisation de ces dispositifs en recherche comme dans la pratique clinique et les milieux d'enseignement des thérapies manuelles. Ces facteurs facilitants ou limitants sont classés en 5 thèmes : la convivialité et la polyvalence, les propriétés métrologiques/intrinsèques, le coût et la durabilité, l'application de la technique et le retour d'information. La majorité des facteurs relevés sont qualitatifs, reflétant l'opinion et potentiellement les biais des auteurs des études originales. La plupart des études incluses dans ces différentes revues intégratives rapportent en majorité l'utilisation de manipulations instrumentées (Pasquier, Daneau et al. 2019, Mercier, Rousseau et al. 2021). Ce résultat contraste avec le portrait de la profession décrit par Beliveau et al. en 2017 qui rapportent que seulement 23% des chiropraticiens utilisent des manipulations instrumentées contre 79% qui utilisent la manipulation vertébrale traditionnelle (utilisation des

mains sans instruments) (Béliveau, Wong et al. 2017). Au regard des pratiques cliniques actuelles, il apparaît important de développer et d'implanter des outils qui peuvent être utilisés dans le cadre d'une pratique manuelle (sans manipulation assistée par instrument). Identifier les outils les plus « efficaces » et favoriser leur implémentation permettraient d'améliorer les connaissances au sujet des manipulations vertébrales dans différents milieux comme ceux de la pratique clinique et de l'éducation.

Outre l'exploration de la dose, la revue intégrative réalisée dans le cadre de cette thèse a permis d'identifier un manque d'homogénéité de la description des manipulations vertébrales dans les différentes études recensées. Ce constat avait déjà été fait par Groeneweg et al. en 2017, qui proposaient alors le développement d'une liste de critères visant à standardiser la description des traitements par manipulations vertébrales au sein des études (Groeneweg, Rubinstein et al. 2017). Le consensus d'experts a alors identifié les 5 items principaux suivants : justification et contexte de la thérapie choisie, description de l'intervention, description des techniques de manipulation vertébrale, autres techniques et données quantitatives. Bien que ces items permettent de guider la méthodologie d'études incluant des manipulations vertébrales, ils ne lèvent pas la confusion quant aux définitions des fréquences et des dosages du traitement effectué. Dans le guide, la fréquence est décrite comme étant le nombre de traitements réalisé sur une période donnée. Quant au dosage, il est défini comme le temps passé en thérapies ou doit se définir en termes d'efforts déployés incluant le nombre de traitement par jour et le nombre de minute par session sur une période donnée. Le dosage tel que proposé dans ce consensus ne donne aucune information sur les paramètres biomécaniques objectifs de la manipulation.

Les travaux de cette thèse soulignent la difficulté à identifier une prescription « idéale » du traitement par manipulation vertébrale. Bien que la manipulation vertébrale et ces différents dosages engendrent des effets mécaniques et cliniques, caractériser une dose « type » et la transposer dans le milieu pratique reste un défi. Mieux appréhender le dosage et ses effets devrait certes être poursuivi afin de mieux comprendre les mécanismes générant des résultats cliniques mais devrait aussi être considéré pour améliorer le geste de la manipulation vertébrale, et le rendre plus sécuritaire dans la pratique quotidienne de la thérapie manuelle.

Facteurs contextuels et manipulation vertébrale

Bien que la thèse ne nous ait pas permis d'identifier de doses à prescrire lors de la prise en charge des douleurs rachidiennes par manipulations vertébrales, elle a mis en exergue l'importance des caractéristiques inhérentes au traitement et au patient. En effet, les études 2 et 3 identifient le confort de la manipulation vertébrale comme un facteur potentiellement associé aux paramètres biomécaniques objectifs et subjectifs de la manipulation vertébrale ainsi qu'aux changements cliniques observés à la suite du traitement. De plus, l'étude 3 met en évidence l'association entre les attentes des patients et la perception du changement global après la prise en charge. Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle la manipulation vertébrale, considérée comme une intervention complexe, génère des réponses dont la nature pourrait s'expliquer par l'interaction de multiples facteurs, qu'ils soient biomécaniques, neurophysiologiques mais aussi psychologiques et contextuels (Craig, Dieppe et al. 2008).

Comme évoqué dans la section 2.1.5 qui présente les mécanismes et effets de la manipulation vertébrale, les preuves scientifiques ne permettent pas, à ce jour, d'identifier un mécanisme par lequel la manipulation vertébrale exerce ses effets sur la douleur, ou encore, les capacités fonctionnelles. L'étude des pathologies musculosquelettiques, de leur étiopathologie, de leurs caractères chroniques ou récurrents ainsi que de leurs diverses conséquences sur le patient ont permis de faire évoluer les connaissances tout en soulignant la difficulté relative à l'établissement précis d'un diagnostic et d'un plan de traitement spécifique. Ainsi, la classification non-spécifique des douleurs rachidiennes assume que toute pathologie sous-jacente soit exclue et entraîne une stratégie de gestion basée sur l'intensité douloureuse et l'évaluation des risques et conséquences de ladite condition non spécifique chez l'individu concerné. Au-delà de la simple compréhension des aspects physiopathologiques d'une maladie, cette classification de la douleur et la condition du patient mettent en évidence l'importance de considérer le patient dans son contexte.

Dès 1980, le modèle biopsychosocial de la douleur, proposé par Engel, intègre des aspects biologiques, psychologiques mais aussi sociologiques. Au-delà de son aspect théorique, ce modèle illustre la complexité de la prise en charge thérapeutique de la douleur. Différents

travaux ont étayé ce postulat par la suite (Engel 1978). L'étude des facteurs favorisant le passage à la chronicité chez des patients atteints de lombalgie a ainsi démontré qu'indépendamment de la nature (mécanique, neurologique) de la lombalgie, les facteurs biopsychosociaux étaient des prédicteurs importants de son évolution chronique (Hartvigsen, Hancock et al. 2018).

À titre d'exemple, la douleur initialement réduite à une simple lésion a vu sa définition évoluée et est maintenant décrite comme « une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite dans ces termes (Raja, Carr et al. 2020).

Plusieurs auteurs se sont intéressés aux rôles des facteurs contextuels dans la prise en charge des troubles musculosquelettiques (Testa and Rosettini 2016, Rosettini, Palese et al. 2019). Ces facteurs contextuels sont définis comme l'ensemble des facteurs qui englobent une thérapie ou un traitement et interagissent pour créer une réponse clinique globale (Di Blasi, Harkness et al. 2001). Ces facteurs contextuels peuvent être classifiés selon trois catégories inhérentes à la prise en charge: 1) la relation patient – thérapeute et leurs caractéristiques propres, 2) le traitement et 3) le milieu du soin.

Ainsi, il semble tout aussi important d'identifier l'ensemble des caractéristiques ou facteurs contextuels des patients, des thérapeutes, mais aussi de l'ensemble du système dans lequel s'établit la relation patient-thérapeutes. L'exposition du patient à un environnement positif ou négatif généreraient un effet placebo ou à l'inverse nocebo pouvant améliorer ou aggraver les symptômes du patient (Testa and Rosettini 2016). La compréhension de ces facteurs et de leurs impacts commence à faire l'objet de publications scientifiques récentes et s'avère essentielle au vu des défis que représentent la prise en charge des pathologies chroniques et plus particulièrement celle de nature non-spécifique.

Bisconti et al. ont tenté d'identifier les connaissances des physiothérapeutes sur les facteurs contextuels, à quelle fréquence ils sont utilisés et lesquels sont privilégiés (Bisconti, Venturin et al. 2021). Les résultats de leur étude suggèrent que les connaissances des physiothérapeutes sont limitées et hétérogènes entre les participants et qu'elles varient en fonction des catégories d'âges. Les participants définissent les facteurs contextuels comme « tout élément, même involontaire, avec lequel le patient interagit pendant le traitement »

associant majoritairement les facteurs contextuels comme intrinsèquement liés à la relation thérapeutique (82,9%). Environ 57% des physiothérapeutes sont attentifs à la participation du patient au cours du traitement et adaptent le traitement lorsque le patient émet un doute sur l'efficacité de la thérapie mise en place. La majorité des participants de l'étude semble privilégier les facteurs contextuels en lien avec les stratégies de communication. Bien que les physiothérapeutes puissent influencer positivement les attentes du patient quant à l'amélioration des résultats cliniques, ils délaissent les expériences antérieures du patient.

Outre l'expérience des physiothérapeutes, Rossetti et al. ont étudié les attitudes et les croyances face à l'utilisation des facteurs contextuels dans la pratique clinique chez des patients souffrant de douleurs musculosquelettiques (Rossetti, Palese et al. 2019). D'une manière générale, les résultats de leur étude suggèrent que les patients sont conscients de l'existence de ces facteurs et acceptent leurs utilisations, en complément d'une intervention basée sur les faits afin d'améliorer les résultats thérapeutiques. Les patients associent une connexion entre le corps et l'esprit comme étant le principal mécanisme d'action des facteurs contextuels et acceptent leur utilisation si cette dernière se fait de façon éthique et transparente. Au sein de la profession chiropratique, l'intérêt pour les facteurs contextuels n'a cessé de croître au cours des dernières années. En 2017, Newell et al. brossaient un portrait explicatif des effets cliniques (et mécanismes d'action potentiels) engendrés par le contexte, tout en proposant un modèle de soins incluant le rôle du contexte chez les chiropraticiens (Newell, Lothe et al. 2017). Ainsi, les auteurs soulignent que les facteurs contextuels sont présents dans l'ensemble des thérapeutiques, y compris la pratique chiropratique. Les auteurs mentionnent entre autres que les facteurs contextuels peuvent générer des effets cliniques tels qu'une modulation de la douleur, grâce au phénomène de l'effet placebo. L'utilisation des facteurs contextuels par les chiropraticiens doit donc être favorisée et un travail d'identification de ces facteurs doit être mené en chiropratique comme dans les autres approches thérapeutiques.

Dans le cadre de cette thèse, deux facteurs ont été identifiés comme important dans la prise en charge chiropratique : le confort et les attentes.

Les résultats de l'étude 2 indiquent que les thérapeutes et enseignants de techniques chiropratiques associent le confort à l'évaluation subjective de certains paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale. Cela suggère l'importance de ce critère dans la

perception de la performance réalisée. Bien que peu décrit dans le contexte des thérapies manuelles, le confort du patient a été mis en évidence comme une caractéristique importante avant et pendant la réalisation d'une manipulation vertébrale par un consensus d'experts (O'Donnell, Smith et al. 2016). De façon similaire, le toucher thérapeutique, décrit chez les infirmières, est mentionné comme une caractéristique du traitement qui peut influencer la douleur (Benedetti and Amanzio 1997). Testa et al. mentionnent l'importance des caractéristiques du lieu de soin en privilégiant des éléments ou décorations « confortables » tels que des horaires d'ouvertures pratiques, une décoration et luminosité suffisante, une facilité d'accès aux soins proposés (Testa and Rossettini 2016).

Enfin, même si l'étude 3 n'avait pas pour objectif d'évaluer l'association entre les paramètres biomécaniques et le confort perçu par les patients, elle met en évidence le confort comme un facteur potentiellement prédicteur de la réponse au traitement par manipulations vertébrales. Ce résultat suggère la nécessité d'explorer les différentes facettes qui ont trait à la notion de confort. Les travaux de recherche à venir devraient tenter de définir et contextualiser le confort à la manipulation vertébrale en tenant compte des trois perspectives : celle du patient, du thérapeute ainsi que du traitement. Les paramètres biomécaniques de la manipulation vertébrale sont peut-être des éléments qui contribuent à ce « confort » comme le suggèrent en partie les résultats de l'étude 2 de cette thèse.

Les attentes du patient à l'égard d'un traitement ou celles associées à un résultat clinique ont été identifiées comme un facteur clé dans la prise en charge de diverses conditions de santé (Atlas and Wager 2012). Les attentes du patient sont définies comme un élément conscient par lequel le patient s'attend à un résultat bénéfique ou non basé sur l'évaluation du contexte ou des expériences passées (Colloca and Miller 2011). Souvent décrites chez les infirmières, les attentes à l'égard d'une intervention peuvent déterminer la satisfaction future et l'expérience du patient face à sa prise en charge. De plus, elles peuvent influencer les résultats cliniques et la croyance initiale d'un patient au regard du succès d'un traitement pouvant elle aussi dicter certains résultats cliniques (Rossettini, Camerone et al. 2020). En effet, les attentes face à une diminution de la douleur généreraient un effet placebo à la suite d'un traitement (Colloca and Barsky 2020). Concernant les douleurs chroniques, une étude menée par Cormier et al. a tenté de déterminer l'association entre les attentes avant le traitement et les résultats cliniques chez

des patients souffrant de douleurs chroniques qui participent à un programme de prise en charge multidisciplinaire (Cormier, Lavigne et al. 2016). Les résultats suggèrent que les attentes avant le traitement prédisent certains résultats cliniques mesurés à 6 mois. En effet les attentes sont associées avec les changements de l'intensité de la douleur, avec l'interférence de la douleur, la tendance au catastrophisme et avec la satisfaction globale perçue à l'égard des traitements. L'étude montre que les patients qui présentent des attentes de soulagement élevées face à la douleur présentent des améliorations significativement plus importantes de cette douleur que ceux qui s'attendaient à un soulagement faible ou modéré de la douleur. Toutefois, bien qu'un soulagement de la douleur soit rapporté dans diverses études à la suite d'une manipulation, les résultats sont inconstants, et l'observation ne semble pas toujours attribuable aux attentes du patients (Bishop, Mintken Pe Fau - Bialosky et al. , Page and Descarreaux 2019).

L'identification de sous-groupes de patient présentant chacun des niveaux d'attentes spécifiques pourrait être une piste à explorer afin d'identifier quels sont les patients qui bénéficieraient le plus d'une thérapie manuelle, indépendamment du type de thérapie et son dosage. Dans le cadre d'une étude plus récente, Cormier et al. présentent une analyse secondaire des données présentées au paragraphe précédent (Cormier, Lavigne et al. 2016, Cormier and Levesque-Lacasse 2021). Les auteurs tentent d'identifier quelles caractéristiques propres aux patients peuvent expliquer les différents niveaux d'attentes. Ainsi, parmi les variables mesurées, la durée de la douleur, l'intensité de la douleur, la santé physique, les symptômes dépressifs, le catastrophisme de la douleur, l'âge, le sexe et l'origine ethnique permettent de prédire différents niveaux d'attentes en matière de soulagement de la douleur et donc d'identifier différents types de patients en fonction de ses caractéristiques de base. L'utilisation de certaines caractéristiques individuelles dont les attentes pourrait permettre de mieux cibler les thérapies et potentialiser les chances de succès d'un traitement.

Prédicteurs de la réponse au traitement par manipulation vertébrale

Les patients atteints de douleurs rachidiennes présentent des caractéristiques d'évolution de leurs douleurs qui varient d'un individu à l'autre. Cette hétérogénéité indique la nécessité de proposer des approches plus adaptées à l'individu. L'identification des déterminants, des

éventuelles conséquences et des évolutions possibles d'une condition constitue la base de la recherche pronostique. Ce type de recherche permet d'orienter le thérapeute, qui, grâce à un pronostic précis, peut prédire et interpréter les déterminants d'une condition, afin d'être en mesure d'informer le patient sur l'évolution de sa condition et de pouvoir émettre des recommandations mieux ciblées (Riley 2019).

De fait, de nombreuses revues systématiques ont été menées afin d'identifier les facteurs prédicteurs de la douleur musculosquelettique. Une revue systématique, proposée par Artus et al. en 2017, résume les données probantes disponibles concernant les facteurs pronostiques associés aux affections musculosquelettiques (Artus, Campbell et al. 2017). La revue systématique identifie notamment la présence de douleur généralisée, une incapacité fonctionnelle élevée, une somatisation, une intensité élevée de la douleur ainsi que les antécédents d'épisodes douloureux comme étant facteurs de mauvais pronostics. Plus récemment, par l'entremise d'une revue intégrative, Mansell et al. (2021) ont fait l'état des lieux des connaissances des facteurs prédicteurs associés à l'évolution de la douleur, l'incapacité ou encore le retour au travail chez les individus atteints de lombalgies et de cervicalgies. Un total de 35 revues systématiques a été inclus dans cette étude qui identifie sept facteurs pronostiques associés à l'évolution de la douleur, de l'incapacité ou encore au retour au travail. Parmi ces derniers, on retrouve : 1) l'incapacité ou la limitation de l'activité, 2) la santé mentale, 3) l'intensité de la douleur, 4) la sévérité de la douleur, 5) les stratégies d'adaptation, 6) les attentes à l'égard du résultat clinique ou de la récupération et 7) le concept de peur-évitement.

Concernant plus spécifiquement les thérapies manuelles, plusieurs chercheurs ont tenté d'identifier des facteurs prédicteurs du succès d'une prise en charge par manipulation vertébrale ou d'élaborer des règles de prédiction clinique. La majorité des études sur le sujet explore les facteurs pronostiques qui ont trait aux lombalgies et aux cervicalgies. Ces règles de prédiction clinique proposées au cours de la dernière décennie n'ont, pour la plupart, pas encore été validées et doivent être interprétées avec précaution (Flynn, Fritz et al. 2002, Puentedura, Cleland et al. 2012, Vavrek, Haas et al. 2015).

En 2020, Innes et al., tentent de déterminer par l'entremise d'un processus Delphi, quels prédicteurs permettraient d'identifier les patients atteints de lombalgies les plus susceptibles d'observer un soulagement à la suite d'un traitement par manipulation vertébrale (Innes, Beynon

et al. 2020). Ainsi 18 prédicteurs classées en 5 domaines sont mis en avant à la suite du consensus d'expert. Parmi ces domaines, on distingue les facteurs prédicteurs propres au patient, au thérapeute, à la condition mais aussi les instruments de mesures utilisés et la présence d'une cavitation lors de la manipulation vertébrale.

La même année, Knecht et al. ont publié une des rares études qui explore l'évolution des dorsalgies chez des patients traités en chiropratique (Knecht, Hartnack et al. 2020). Les résultats de l'étude identifient deux trajectoires, une favorable ou une défavorable, sur la base des mesures de douleur et de changement global perçu et ce, au terme d'une année de traitement chiropratique. L'étude montre qu'une douleur supérieure à 3 mois prédit une non-amélioration de la douleur ainsi que l'absence de changement global perçu après une année de suivi. Bien qu'il n'y ait pas d'étude comparable pour le rachis thoracique, l'analogie peut être faite avec les autres régions rachidiennes, par exemple lombaires et cervicales, puisqu'elles partagent des caractéristiques de douleurs et d'incapacités fonctionnelles similaires (Leboeuf-Yde, Fejer et al. 2012, Heneghan and Rushton 2016).

Chez les patients atteints de lombalgie, Hadizadeh et al. ont proposé un modèle permettant de prédire les patients qui bénéficieront d'un traitement par manipulation vertébrale en identifiant des variables spécifiques aux répondants et aux non-répondants (Hadizadeh, Kawchuk et al. 2020). Bien que leur modèle nécessite d'être validé, les auteurs identifient sept variables qui peuvent être évaluées par les thérapeutes en amont d'un traitement. Ainsi, on retrouve l'âge, le genre, la durée de la douleur, la présence d'autres douleurs rachidiennes, la fréquence des douleurs, les attentes à l'égard des prescriptions médicales, les attentes à l'égard des exercices de renforcement, le risque de chronicisation de la douleur et enfin la préférence directionnelle en extension.

L'étude observationnelle réalisée au cours de cette thèse était exploratoire et a permis de mettre en évidence une caractéristique de base des patients qui est associée aux réponses au traitement : les attentes du patient. Dans une étude réalisée auprès de patients atteints de dorsalgies, Pagé et al. ne montrent aucune association entre les attentes initiales et les répondants au traitement (Page and Descarreaux 2019). Dans ce cas précis, les attentes ne semblent donc pas prédire les réponses des patients au traitement par manipulation vertébrale. Les résultats de cette étude contrastent donc avec nos résultats. Contrairement à notre protocole, la manipulation

vertébrale était réalisée dans un contexte expérimental par un appareil robotisé. Il est donc possible que d'autres facteurs et mécanismes non-spécifiques propres à la manipulation vertébrale « manuelle » n'aient pas été engagés dans un tel contexte.

Enfin, le confort de la manipulation vertébrale est associé au soulagement de la douleur ainsi qu'au changement global perçu immédiatement après une manipulation vertébrale. Cette étude est la première à associer le confort à la réponse au traitement qui devrait être considéré dans de futurs modèles de prédiction. Il reste évidemment un long chemin à parcourir afin d'appréhender le rôle et la contribution de la manipulation vertébrale dans les prises en charges des douleurs rachidiennes. Pour tenter d'apporter des réponses, identifier de nouvelles pistes et faciliter la réflexion pour les recherches futures, nous proposons un modèle, illustré par la figure 6.1.

Ce schéma répertorie les différents paramètres et mécanismes pouvant influencer les réponses cliniques. Parmi les éléments principaux, on retrouve le thérapeute, le patient et le traitement qui présentent tous des caractéristiques propres. Le confort n'est pas représenté dans ce modèle. En effet, bien qu'il semble pouvoir comprendre des caractéristiques propres aux patients, aux thérapeutes et à la manipulation vertébrale, les composantes inhérentes au confort doivent être étudiés. Définir le concept de confort permettrait de mieux comprendre son impact lors de la prise en charge de patients en thérapie manuelle et d'adapter le soin.

CONTEXTE

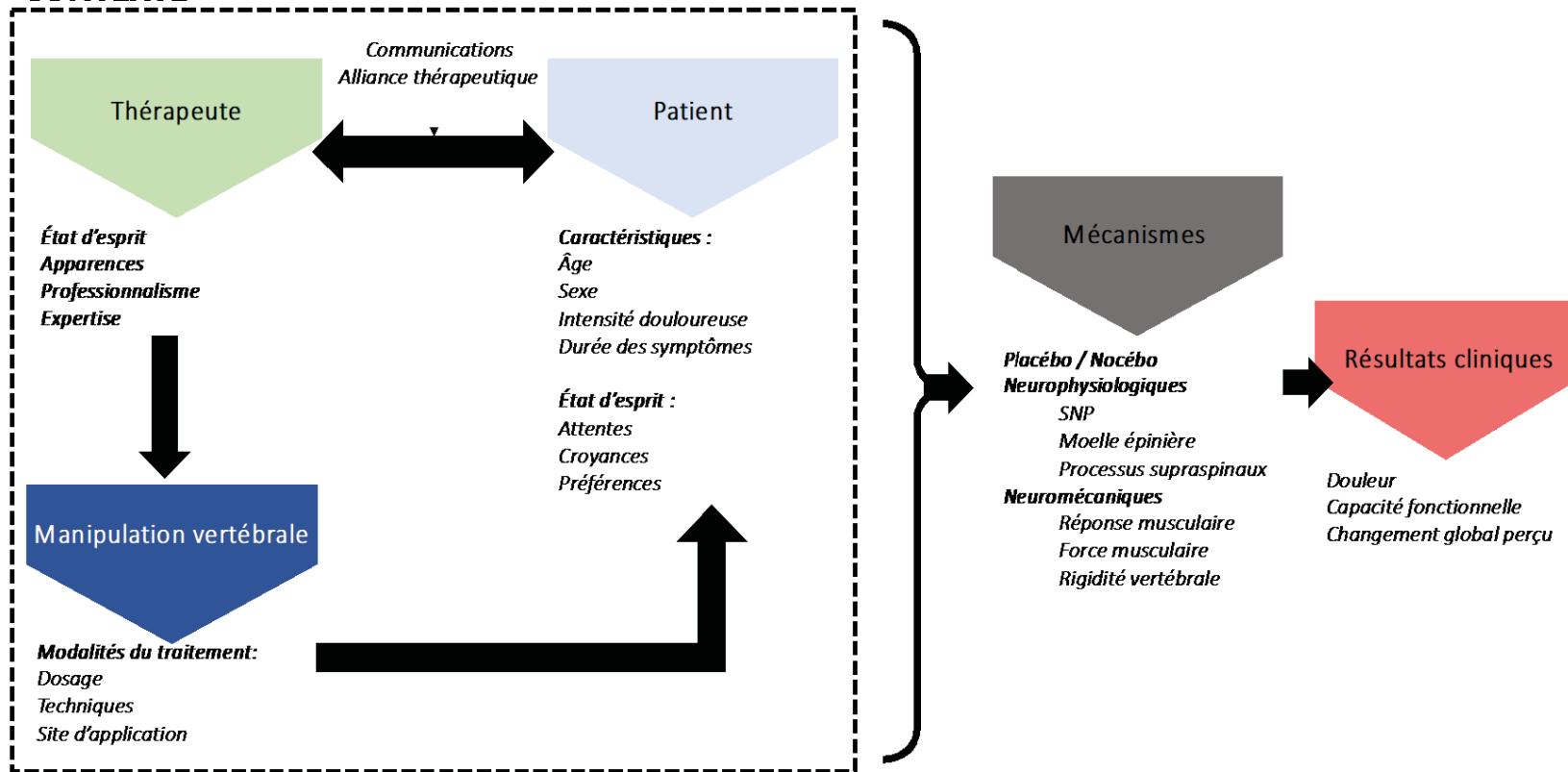


Figure 6.1 Schématisation des différents paramètres et mécanismes qui peuvent influencer les réponses cliniques.

Limites, considérations méthodologiques et recommandations

Le choix de la revue intégrative peut être considérée comme une limite. Elle correspond à une recherche exploratoire qui permet de décrire et de faire l'état des lieux des connaissances sur un sujet précis. Elle permet également documenter sous différentes formes les résultats issus de ce recherche. La revue intégrative ne permet pas de faire des recommandations et ne peut servir que de base de réflexion.

La recherche exploratoire qui caractérise l'étude 3 visait à documenter et identifier des variables prédictives potentielles de l'amélioration clinique des patients. Les variables identifiées au sein de ce type d'étude doivent être testées dans des devis confirmatoires permettant d'infirmer ou confirmer le rôle prédicteur de ces derniers.

Outre la démarche exploratoire des travaux de la thèse, l'une des difficultés majeures rencontrées réside dans le choix de l'affection ciblée. Le choix des dorsalgies, peu étudiées dans les travaux scientifiques en thérapie manuelle, limite les comparaisons de nos résultats et leurs interprétations. De plus, le choix de la région thoracique reflète une nécessité pratique, notamment pour faciliter l'utilisation des outils permettant la quantification des manipulations vertébrales lors de l'étude 3. L'étude cohorte menée au cours de cette thèse est une étape préliminaire à une meilleure compréhension du rôle potentiel de la manipulation vertébrale dans la prise en charge des douleurs thoraciques non spécifiques.

De plus, la notion de « non-spécificité » associée aux douleurs rachidiennes s'accompagne d'une difficulté inhérente à identifier des causes ou des mécanismes spécifiques et donc de déterminer le diagnostic précis répondant à un traitement adéquat. Bien que pour pallier ce manque de précision, certains auteurs proposent de catégoriser les patients en sous-groupes basés sur les caractéristiques de base comme la durée de la douleur. L'état actuel des connaissances ne permet pas d'extrapoler cette classification aux dorsalgies non-spécifiques. Nos travaux suggèrent la nécessité de poursuivre l'exploration des caractéristiques des patients atteints de dorsalgies afin d'identifier des sous-groupes potentiels permettant d'offrir à terme la prise en charge la plus adéquate pour chacun des sous-groupes.

Au-delà de la difficulté posée par la définition des douleurs non-spécifiques rachidiennes, la difficulté d'interprétation de nos résultats de l'étude 3 réside dans la définition

de la réponse au traitement choisie. Afin de mesurer le succès d'un traitement, il est usuel de transformer une variable quantitative en variable dichotomique telle que « amélioré/non amélioré » ou « échec/succès ». Cette transformation repose sur l'utilisation d'un seuil. À l'égard de critère symptomatique, le seuil est basé sur la perception du patient qui détermine un seuil cliniquement pertinent. Le seuil le plus connu est la différence minimale cliniquement perceptible ou autrement appelé changement minimal clinique observé (Tubach, Giraudeau et al. 2009). Cependant, il existe une importante variabilité au sein de la littérature qui met en évidence un manque de consensus sur la définition précise de la réponse au traitement. S'il existe des données à l'égard des lombalgies et cervicalgies, il n'existe pas de standard concernant les dorsalgies. Cela illustre la nécessité de déterminer des seuils propres à la dorsalgie non spécifique.

De plus, le recrutement des participants au sein d'un centre de soins chiropratiques soulève la question de l'influence et de la suggestion des attentes. En effet, les patients étaient recrutés dans le cadre de soins usuels, s'ils répondaient aux critères d'inclusions. Le traitement proposé était uniquement « chiropratique » et dans l'explication du protocole, les patients étaient prévenus qu'ils ne recevraient qu'une seule et unique manipulation vertébrale. La conséquence induite réside dans la possible sous-estimation des attentes du soulagement de la douleur ou de l'amélioration de la capacité fonctionnelle. Cela suggère la nécessité de proposer des approches plus écologiques en proposant des études qui sont le reflet de la pratique clinique quotidienne. Les études futures devraient aussi considérer les préférences des patients quant aux modalités thérapeutiques ou proposer des soins multimodaux. De la même manière, le dosage de la manipulation devrait être explorer dans un cadre pratique. Il serait pertinent de poursuivre l'exploration de l'association possible entre le dosage et les caractéristiques comme le confort et de déterminer des dosages appropriés pour générer un effet bénéfique chez le patient tout en garantissant la sécurité des patients.

Une autre limite repose sur les outils de mesures utilisés au cours des travaux de cette thèse. En effet, le confort, les attentes ainsi que le changement global perçu ont été mesurés à l'aide d'échelle (*annexes III et IV*). Ces échelles ont été développées pour les besoins de cette thèse et nécessiteraient d'être validées. De plus, comme suggéré par Kamper et al. à l'égard du changement global perçu, différentes manières de mesurer ces variables existent (Kamper,

Maher et al. 2009). Cependant, aucune recommandation ni consensus sur l’outils le plus adéquat n’existe à ce jour.

Dans le cadre de l’étude 3, la capacité fonctionnelle était quantifiée par l’entremise de l’échelle de dorso-lombalgie du Québec (Kopec, Esdaile et al. 1996). Cette échelle consiste en un questionnaire auto-rapporté qui évalue le retentissement des douleurs rachidiennes sur la vie quotidienne. Les résultats de cette étude n’indiquent aucune différence en termes de capacité fonctionnelle, entre les répondants et non-répondants, au terme du protocole. D’une part, bien que son nom l’indique, l’échelle a plus souvent été utilisée dans le contexte des lombalgies et peut limiter l’interprétation de nos résultats. D’autre part, certains auteurs questionnent les qualités psychométriques de l’échelle de dorso-lombalgie du Québec et soulignent le manque de données probantes sur la fiabilité ainsi que la validité de ce questionnaire (Speksnijder, Koppelaal et al. 2016). Enfin, cette échelle est un indicateur des difficultés rencontrées dans la vie quotidienne. Elle ne nous a pas permis de montrer les effets immédiats des manipulations vertébrales. Il serait par ailleurs intéressant d’intégrer des mesures physiques objectives comme la rigidité vertébrale pour rendre compte des effets immédiats des manipulations vertébrales.

Enfin, l’identification de critères comme le confort oriente l’intérêt de la recherche vers les facteurs contextuels inhérents aux thérapies manuelles. Afin d’augmenter les connaissances à ce sujet, le concept de « confort » mériterait d’être étudier dans le contexte des soins de thérapie manuelle. Par exemple, une étude qualitative de type « focus group » visant à identifier et décomposer les déterminants qui ont trait au confort en interrogeant des patients, des thérapeutes en voie de devenir et des thérapeutes experts permettrait de mieux saisir les caractéristiques et déterminants du confort. De plus, les variables de confort et d’attentes associées aux résultats cliniques devraient être testées dans un modèle confirmatoire afin de valider leur potentiel de prédiction.

Conclusion

Les travaux de cette thèse ont permis d’approfondir les connaissances au sujet des réponses cliniques individuelles observées à la suite de traitements par manipulations vertébrales et de déterminer l’influence de la fréquence et du dosage sur les réponses cliniques associées.

Dans un premier temps, la revue intégrative n'identifie pas de dose « idéale » associée aux manipulations vertébrales qui seraient à prescrire aux patients pris en charge avec cette modalité thérapeutique. Néanmoins, si la revue intégrative met clairement en évidence que le dosage engendre des réponses physiologiques à court terme, elle souligne que la relation entre ces réponses et les résultats cliniques reste à explorer.

L'étude expérimentale menée dans un second temps dénote l'intérêt des évaluations de la performance de la manipulation vertébrale afin de faire progresser les apprenants et rendre la pratique de la thérapie manuelle plus sécuritaire. De plus, l'étude met en évidence l'importance du confort comme caractéristique inhérente au traitement.

Enfin, similairement à la revue intégrative, l'étude cohorte, ne permet pas d'identifier de dosage spécifique associé aux réponses cliniques à court terme. Toutefois, elle identifie le confort, les attentes à l'égard du soulagement de la douleur et les attentes à l'égard de l'amélioration de la capacité fonctionnelle comme variables potentiellement prédictives des résultats cliniques.

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse permettent de mieux comprendre les effets des doses et de fréquence tout en soulignant la nécessité de poursuivre l'exploration de ces deux paramètres. Elle permet aussi d'envisager de nouvelles pistes de recherche telles que celles des facteurs contextuels. L'identification de caractéristiques propres aux patients atteints de douleurs rachidiennes qui répondent favorablement aux traitements et une meilleure compréhension des mécanismes qui sous-tendent les effets des manipulations vertébrales permettraient de mieux appréhender la prise en charge globale de ces conditions complexes.

Bibliographie

- "The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies."
- (2016). "NICE guideline. Low back pain and sciatica in over 16s: assessment and management".
- (HAS), H. A. d. S. "Lombalgies." from https://www.has-sante.fr/jcms/fc_2875171/fr/resultats-de-recherche?text=lombalgies&tmpParam=&opSearch=&types=guidelines.
- Abdel Shaheed, C., C. G. Maher, K. A. Williams and A. J. McLachlan (2017). "Efficacy and tolerability of muscle relaxants for low back pain: Systematic review and meta-analysis." *Eur J Pain* **21**(2): 228-237.
- Abernethy, B., R. Burgess-Limerick and S. Parks (1994). "Contrasting approaches to the study of motor expertise." *Quest*, 46(42), 186–198.
- Adams, M. A. (2004). "Biomechanics of back pain." *Acupunct Med* **22**(4): 178-188.
- Andersson, G. B. (1998). "Epidemiology of low back pain." *Acta Orthop Scand Suppl* **281**: 28-31.
- Artus, M., P. Campbell, C. D. Mallen, K. M. Dunn and D. A. van der Windt (2017). "Generic prognostic factors for musculoskeletal pain in primary care: a systematic review." *BMJ Open* **7**(1): e012901.
- Ashkenazy, S. and F. DeKeyser Ganz (2019). "The Differentiation Between Pain and Discomfort: A Concept Analysis of Discomfort." *Pain Manag Nurs* **20**(6): 556-562.
- ASNM. (2020). "Antalgiques opioïdes : l'ANSM publie un état des lieux de la consommation en France." from <https://ansm.sante.fr/actualites/antalgiques-opioides-lansm-publie-un-etat-des-lieux-de-la-consommation-en-france>.
- Atlas, L. and T. Wager (2012). "How expectations shape pain." *Neuroscience* **520:140-148**.
- Axen, I., I. Jensen, E. Butler Forslund, B. Grahn, V. Jorgensen, C. H. Opava and L. Bodin (2020). "Frequently repeated measurements -our experience of collecting data with SMS." *BMC Med Res Methodol* **20**(1): 124.
- Bardin, L. D., P. King and C. G. Maher (2017). "Diagnostic triage for low back pain: a practical approach for primary care." *Med J Aust* **206**(6): 268-273.
- Barnes, L. L. B., Harp, D., & Jung, W. S. (2002). "Reliability generalization of scores on the Spielberger State-Trait Anxiety Inventory. ." *Educational and Psychological Measurement* **62**(4): 603–618.
- Beliveau, P. J. H., J. J. Wong, D. A. Sutton, N. B. Simon, A. E. Bussieres, S. A. Mior and S. D. French (2017). "The chiropractic profession: a scoping review of utilization rates, reasons for seeking care, patient profiles, and care provided." *Chiropr Man Therap* **25**: 35.
- Benedetti, F. and M. Amanzio (1997). "The neurobiology of placebo analgesia: from endogenous opioids to cholecystokinin." *Prog Neurobiol* **52**(2): 109-125.
- Bialosky, J. E., J. M. Beneciu, M. D. Bishop, R. A. Coronado, C. W. Penza, C. B. Simon and S. Z. George (2018). "Unraveling the Mechanisms of Manual Therapy: Modeling an Approach." *J Orthop Sports Phys Ther* **48**(1): 8-18.
- Bikbov, M. M., G. M. Kazakbaeva, R. M. Zainullin, V. F. Salavatova, T. R. Gilmanshin, Arslangareeva, II, N. A. Nikitin, S. R. Mukhamadieva, D. F. Yakupova, S. Panda-Jonas, R. I. Khikmatullin, S. K. Aminev, I. F. Nuriev, A. F. Zaynetdinov, Y. V. Uzianbaeva and J. B. Jonas (2020). "Prevalence of and factors associated with low Back pain, thoracic spine pain and neck

- pain in Bashkortostan, Russia: the Ural Eye and Medical Study." *BMC Musculoskelet Disord* **21**(1): 64.
- Bisconti, M., D. Venturin, A. Bianco, V. Capurso and G. Giovannico (2021). "Understanding Contextual Factors Effects and Their Implications for Italian Physiotherapists: Findings from a National Cross-Sectional Study." *Healthcare (Basel)* **9**(6).
- Bishop, F. L., G. T. Smith R Fau - Lewith and G. T. Lewith "Patient preferences for technical skills versus interpersonal skills in chiropractors and physiotherapists treating low back pain." (1460-2229 (Electronic)).
- Bishop, M. D., J. E. Mintken Pe Fau - Bialosky, J. A. Bialosky Je Fau - Cleland and J. A. Cleland "Patient expectations of benefit from interventions for neck pain and resulting influence on outcomes." (1938-1344 (Electronic)).
- Blake, R. and M. Shiffra (2007). "Perception of human motion." *Annu Rev Psychol* **2007;58:47-73**.
- BMUS (2018). "Bone and joint initiative - The burden of musculoskeletal disease in US."
- Bogduk, N. (1976). "The anatomy of the lumbar intervertebral disc syndrome." *Med J Aust* **1**(23): 878-881.
- Briggs, A. M., P. Bragge, A. J. Smith, D. Govil and L. M. Straker (2009). "Prevalence and associated factors for thoracic spine pain in the adult working population: a literature review." *J Occup Health* **51**(3): 177-192.
- Briggs, A. M., M. J. Cross, D. G. Hoy, L. Sanchez-Riera, F. M. Blyth, A. D. Woolf and L. March (2016). "Musculoskeletal Health Conditions Represent a Global Threat to Healthy Aging: A Report for the 2015 World Health Organization World Report on Ageing and Health." *Gerontologist* **56 Suppl 2**: S243-255.
- Briggs, A. M., J. E. Jordan, D. Kopansky-Giles, S. Sharma, L. March, C. H. Schneider, S. Mishrra, J. J. Young and H. Slater (2021). "The need for adaptable global guidance in health systems strengthening for musculoskeletal health: a qualitative study of international key informants." *Glob Health Res Policy* **6**(1): 24.
- Briggs, A. M., A. J. Smith, L. M. Straker and P. Bragge (2009). "Thoracic spine pain in the general population: prevalence, incidence and associated factors in children, adolescents and adults. A systematic review." *BMC Musculoskelet Disord* **10**: 77.
- Briggs, A. M. and L. M. Straker (2009). "Thoracic spine pain in youth: should we be concerned?" *Spine J* **9**(4): 338-339.
- Briggs, A. M., A. D. Woolf, K. Dreinhofer, N. Homb, D. G. Hoy, D. Kopansky-Giles, K. Akesson and L. March (2018). "Reducing the global burden of musculoskeletal conditions." *Bull World Health Organ* **96**(5): 366-368.
- Buchbinder, R., M. Underwood, J. Hartvigsen and C. G. Maher (2020). "The Lancet Series call to action to reduce low value care for low back pain: an update." *Pain* **161 Suppl 1**: S57-S64.
- Bussieres, A. E., C. A. Gauthier, G. Fournier and M. Descarreaux (2017). "Spinal manipulative therapy for low back pain-time for an update." *Can Fam Physician* **63**(9): 669-672.
- Bussieres, A. E., G. Stewart, F. Al-Zoubi, P. Decina, M. Descarreaux, D. Haskett, C. Hincapie, I. Page, S. Passmore, J. Srbely, M. Stupar, J. Weisberg and J. Ornelas (2018). "Spinal Manipulative Therapy and Other Conservative Treatments for Low Back Pain: A Guideline From the Canadian Chiropractic Guideline Initiative." *J Manipulative Physiol Ther* **41**(4): 265-293.
- Bussieres, A. E., G. Stewart, F. Al-Zoubi, P. Decina, M. Descarreaux, J. Hayden, B. Hendrickson, C. Hincapie, I. Page, S. Passmore, J. Srbely, M. Stupar, J. Weisberg and J. Ornelas

- (2016). "The Treatment of Neck Pain-Associated Disorders and Whiplash-Associated Disorders: A Clinical Practice Guideline." *J Manipulative Physiol Ther* **39**(8): 523-564 e527.
- Calvo-Munoz, I., A. Gomez-Conesa and J. Sanchez-Meca (2013). "Prevalence of low back pain in children and adolescents: a meta-analysis." *BMC Pediatr* **13**: 14.
- Cambron, J. A., M. Schneider, J. M. Dexheimer, G. Iannelli, M. Chang, L. Terhorst and G. D. Cramer (2014). "A pilot randomized controlled trial of flexion-distraction dosage for chiropractic treatment of lumbar spinal stenosis." *J Manipulative Physiol Ther* **37**(6): 396-406.
- Cao, D. Y., W. R. Reed, C. R. Long, G. N. Kawchuk and J. G. Pickar (2013). "Effects of thrust amplitude and duration of high-velocity, low-amplitude spinal manipulation on lumbar muscle spindle responses to vertebral position and movement." *J Manipulative Physiol Ther* **36**(2): 68-77.
- Childs, J. D., J. M. Fritz, T. W. Flynn, J. J. Irrgang, K. K. Johnson, G. R. Majkowski and A. Delitto (2004). "A clinical prediction rule to identify patients with low back pain most likely to benefit from spinal manipulation: a validation study." *Ann Intern Med* **141**(12): 920-928.
- Chisholm-Burns, M. A., C. A. Spivey, E. Sherwin, J. Wheeler and K. Hohmeier (2019). "The opioid crisis: Origins, trends, policies, and the roles of pharmacists." *Am J Health Syst Pharm* **76**(7): 424-435.
- Chooi, C. S., S. G. M. White Am Fau - Tan, K. Tan Sg Fau - Dowling, A. M. Dowling K Fau - Cyna and A. M. Cyna "Pain vs comfort scores after Caesarean section: a randomized trial." (1471-6771 (Electronic)).
- Chou, R., L. H. Huffman, S. American Pain and P. American College of (2007). "Nonpharmacologic therapies for acute and chronic low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society/American College of Physicians clinical practice guideline." *Ann Intern Med* **147**(7): 492-504.
- Chou, R. and P. Shekelle (2010). "Will this patient develop persistent disabling low back pain?" *JAMA* **303**(13): 1295-1302.
- Clar, C., A. Tsartsadze, R. Court, G. L. Hundt, A. Clarke and P. Sutcliffe (2014). "Clinical effectiveness of manual therapy for the management of musculoskeletal and non-musculoskeletal conditions: systematic review and update of UK evidence report." *Chiropr Man Therap* **22**(1): 12.
- Cohen, E., J. J. Triano, M. McGregor and M. Papakyriakou (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): 347-352.
- Cohen, S. P., L. Vase and W. M. Hooten (2021). "Chronic pain: an update on burden, best practices, and new advances." *Lancet* **397**(10289): 2082-2097.
- Colloca, C. J., T. S. Keller and R. Gunzburg (2003). "Neuromechanical characterization of in vivo lumbar spinal manipulation. Part II. Neurophysiological response." *J Manipulative Physiol Ther* **26**(9): 579-591.
- Colloca, C. J., T. S. Keller and R. Gunzburg (2004). "Biomechanical and neurophysiological responses to spinal manipulation in patients with lumbar radiculopathy." *J Manipulative Physiol Ther* **27**(1): 1-15.
- Colloca, C. J., T. S. Keller, D. E. Harrison, R. J. Moore, R. Gunzburg and D. D. Harrison (2006). "Spinal manipulation force and duration affect vertebral movement and neuromuscular responses." *Clin Biomech (Bristol, Avon)* **21**(3): 254-262.
- Colloca, L. and A. J. Barsky (2020). "Placebo and Nocebo Effects." *N Engl J Med* **382**(6): 554-561.

- Colloca, L. and F. G. Miller (2011). "Role of expectations in health." *Curr Opin Psychiatry* **24**(2): 149-155.
- Cormier, S., G. L. Lavigne, M. Choiniere and P. Rainville (2016). "Expectations predict chronic pain treatment outcomes." *Pain* **157**(2): 329-338.
- Cormier, S. and A. Levesque-Lacasse (2021). "Biopsychosocial Characteristics of Patients With Chronic Pain Expecting Different Levels of Pain Relief in the Context of Multidisciplinary Treatments." *Clin J Pain* **37**(1): 11-19.
- Corp, N., G. Mansell, S. Stynes, G. Wynne-Jones, L. Morso, J. C. Hill and D. A. van der Windt (2021). "Evidence-based treatment recommendations for neck and low back pain across Europe: A systematic review of guidelines." *Eur J Pain* **25**(2): 275-295.
- Corso, M., S. A. Mior, S. Batley, T. Tuff, S. da Silva-Oolup, S. Howitt and J. Srbely (2019). "The effects of spinal manipulation on performance-related outcomes in healthy asymptomatic adult population: a systematic review of best evidence." *Chiropr Man Therap* **27**: 25.
- Coté, P., J. J. Wong, D. Sutton, H. M. Shearer, S. Mior, K. Randhawa, A. Ameis, L. J. Carroll, M. Nordin, H. Yu, G. M. Lindsay, D. Southerst, S. Varatharajan, C. Jacobs, M. Stupar, A. Taylor-Vaisey, G. van der Velde, D. P. Gross, R. J. Brison, M. Paulden, C. Ammendolia, J. David Cassidy, P. Loisel, S. Marshall, R. N. Bohay, J. Stapleton, M. Lacerte, M. Krahn and R. Salhany (2016). "Management of neck pain and associated disorders: A clinical practice guideline from the Ontario Protocol for Traffic Injury Management (OPTIMa) Collaboration." *Eur Spine J* **25**(7): 2000-2022.
- Craig, P., P. Dieppe, S. Macintyre, S. Michie, I. Nazareth, M. Petticrew and G. Medical Research Council (2008). "Developing and evaluating complex interventions: the new Medical Research Council guidance." *BMJ* **337**: a1655.
- Dagenais, S., J. Caro and S. Haldeman (2008). "A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally." *Spine J* **8**(1): 8-20.
- Daphne B. Moffett, M. M. M., Dexter W. Sullivan, Bruce A. Fowler (2015). Chapter 10 - General Considerations of Dose-Effect and Dose-Response Relationships. *Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition)*.
- . B. A. F. Editor(s): Gunnar F. Nordberg, Monica Nordberg,. Academic Press : Pages 197-212.
- De Carvalho, D., R. Greene, M. Swab and M. Godwin (2020). "Does objectively measured prolonged standing for desk work result in lower ratings of perceived low back pain than sitting? A systematic review and meta-analysis." *Work* **67**(2): 431-440.
- de Vet, H. C., M. W. Heymans, K. M. Dunn, D. P. Pope, A. J. van der Beek, G. J. Macfarlane, L. M. Bouter and P. R. Croft (2002). "Episodes of low back pain: a proposal for uniform definitions to be used in research." *Spine (Phila Pa 1976)* **27**(21): 2409-2416.
- Descarreux, M. and C. Dugas (2010). "Learning spinal manipulation skills: assessment of biomechanical parameters in a 5-year longitudinal study." *J Manipulative Physiol Ther* **33**(3): 226-230.
- Descarreux, M., C. Dugas, K. Lalanne, M. Vinclette and M. C. Normand (2006). "Learning spinal manipulation: the importance of augmented feedback relating to various kinetic parameters." *Spine J* **6**(2): 138-145.
- Descarreux, M., C. Dugas, J. Treboz, C. Cheron and F. Nougarou (2015). "Learning spinal manipulation: the effect of expertise on transfer capability." *J Manipulative Physiol Ther* **38**(4): 269-274.

- Di Blasi, Z., E. Harkness, E. Ernst, A. Georgiou and J. Kleijnen (2001). "Influence of context effects on health outcomes: a systematic review." *Lancet* **357**(9258): 757-762.
- Dicker, D., G. NGuyen, D. Abate, K. Hassen Abate, S. Abay and a. collaborators (2018). "Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017." *Lancet* **392**(10159): 1684-1735.
- Dieleman, J. L., J. Cao, A. Chapin, C. Chen, Z. Li, A. Liu, C. Horst, A. Kaldjian, T. Matyasz, K. W. Scott, A. L. Bui, M. Campbell, H. C. Duber, A. C. Dunn, A. D. Flaxman, C. Fitzmaurice, M. Naghavi, N. Sadat, P. Shieh, E. Squires, K. Yeung and C. J. L. Murray (2020). "US Health Care Spending by Payer and Health Condition, 1996-2016." *JAMA* **323**(9): 863-884.
- Dowell, D., T. M. Haegerich and R. Chou (2016). "CDC Guideline for Prescribing Opioids for Chronic Pain - United States, 2016." *MMWR Recomm Rep* **65**(1): 1-49.
- Downie, A. S., S. Vemulpad and P. W. Bull (2010). "Quantifying the high-velocity, low-amplitude spinal manipulative thrust: a systematic review." *J Manipulative Physiol Ther* **33**(7): 542-553.
- Dudli, S., A. J. Fields, D. Samartzis, J. Karppinen and J. C. Lotz (2016). "Pathobiology of Modic changes." *Eur Spine J* **25**(11): 3723-3734.
- Duffield, S. J., B. M. Ellis, N. Goodson, K. Walker-Bone, P. G. Conaghan, T. Margham and T. Loftis (2017). "The contribution of musculoskeletal disorders in multimorbidity: Implications for practice and policy." *Best Pract Res Clin Rheumatol* **31**(2): 129-144.
- Dumestre, D., Yeung, JK and Temple-Oberle, C (2015). "Evidence-based microsurgical skills acquisition series part 2: validated assessment instruments—a systematic review." *J Surg Educ* **72**(1):80-89.
- Dunning, J., F. Mourad, M. Barbero, D. Leoni, C. Cescon and R. Butts (2013). "Bilateral and multiple cavitation sounds during upper cervical thrust manipulation." *BMC Musculoskelet Disord* **14**: 24.
- Dworkin, R. H., D. C. Turk, J. T. Farrar, J. A. Haythornthwaite, M. P. Jensen, N. P. Katz, R. D. Kerns, G. Stucki, R. R. Allen, N. Bellamy, D. B. Carr, J. Chandler, P. Cowan, R. Dionne, B. S. Galer, S. Hertz, A. R. Jadad, L. D. Kramer, D. C. Manning, S. Martin, C. G. McCormick, M. P. McDermott, P. McGrath, S. Quessy, B. A. Rappaport, W. Robbins, J. P. Robinson, M. Rothman, M. A. Royal, L. Simon, J. W. Stauffer, W. Stein, J. Tollett, J. Wernicke, J. Witter and Immpact (2005). "Core outcome measures for chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations." *Pain* **113**(1-2): 9-19.
- Engel, G. L. (1978). "The biopsychosocial model and the education of health professionals." *Ann N Y Acad Sci* **310**: 169-187.
- Engell, S., J. J. Triano and S. J. Howarth (2019). "Force transmission between thoracic and cervical segments of the spine during prone-lying high-velocity low-amplitude spinal manipulation: A proof of principle for the concept of regional interdependence." *Clin Biomech (Bristol, Avon)* **69**: 58-63.
- Evans, D. W. and A. C. Breen (2006). "A biomechanical model for mechanically efficient cavitation production during spinal manipulation: prethrust position and the neutral zone." *J Manipulative Physiol Ther* **29**(1): 72-82.
- Fernandez, M., E. Boyle, J. Hartvigsen, M. Ferreira, K. Refshauge, C. Maher, K. Christensen, J. Hopper and P. Ferreira (2017). "Is this back pain killing me? All-cause and cardiovascular-specific mortality in older Danish twins with spinal pain." *Eur J Pain* **21**(5):938-948.

- Finniss, D. G. and F. Benedetti "Mechanisms of the placebo response and their impact on clinical trials and clinical practice." (0304-3959 (Print)).
- Fitts, P. and M. Posner (1969). Human performance.
- Flessas, K., D. Mylonas and G. Panagiotaropoulou (2015). " Judging the judges' performance in rhythmic gymnastics." Med Sci Sports Exerc **47(3):640-648**.
- Flynn, T., J. Fritz, J. Whitman, R. Wainner, J. Magel, D. Rendeiro, B. Butler, M. Garber and S. Allison (2002). "A clinical prediction rule for classifying patients with low back pain who demonstrate short-term improvement with spinal manipulation." Spine (Phila Pa 1976) **27(24): 2835-2843**.
- Fouquet, N., J. Bodin, A. Descatha, A. Petit, A. Ramond, C. Ha and Y. Roquelaure (2015). "Prevalence of thoracic spine pain in a surveillance network." Occup Med (Lond) **65(2): 122-125**.
- Funabashi, M., F. Nougarou, M. Descarreaux, N. Prasad and G. Kawchuk (2017). "Influence of Spinal Manipulative Therapy Force Magnitude and Application Site on Spinal Tissue Loading: A Biomechanical Robotic Serial Dissection Study in Porcine Motion Segments." J Manipulative Physiol Ther **40(6): 387-396**.
- Gevers-Montoro, C., B. Provencher, M. Descarreaux, A. Ortega de Mues and M. Piche (2021). "Neurophysiological mechanisms of chiropractic spinal manipulation for spine pain." Eur J Pain **25(7): 1429-1448**.
- Globe, G., R. J. Farabaugh, C. Hawk, C. E. Morris, G. Baker, W. M. Whalen, S. Walters, M. Kaeser, M. Dehen and T. Augat (2016). "Clinical Practice Guideline: Chiropractic Care for Low Back Pain." J Manipulative Physiol Ther **39(1): 1-22**.
- Gorrell, L. M., P. J. Conway and W. Herzog (2020). "Differences in force-time parameters and electromyographic characteristics of two high-velocity, low-amplitude spinal manipulations following one another in quick succession." Chiropr Man Therap **28(1): 67**.
- Groeneweg, R., S. M. Rubinstein, R. A. B. Oostendorp, R. Ostelo and M. W. van Tulder (2017). "Guideline for Reporting Interventions on Spinal Manipulative Therapy: Consensus on Interventions Reporting Criteria List for Spinal Manipulative Therapy (CIRCLE SMT)." J Manipulative Physiol Ther **40(2): 61-70**.
- Gross A, L. P., Burnie SJ, Bédard-Brochu MS, Empey B, Dugas E, Faber-Dobrescu M, Andres C, Graham N, Goldsmith CH, Brønfort G, Hoving JL, LeBlanc F (2015). "Manipulation and mobilisation for neck pain contrasted against an inactive control or another active treatment." Cochrane Database Syst Rev **23;(9):CD004249**.
- Gudavalli, M. R., S. A. Salsbury, R. D. Vining, C. R. Long, L. Corber, A. G. Patwardhan and C. M. Goertz "Development of an attention-touch control for manual cervical distraction: a pilot randomized clinical trial for patients with neck pain." (1745-6215 (Electronic)).
- Gudin, J., A. G. Kaufman and S. Datta (2020). "Are Opioids Needed to Treat Chronic Low Back Pain? A Review of Treatment Options and Analgesics in Development." J Pain Res **13: 1007-1022**.
- Gyer, G., J. Michael, J. Inklebarger and J. S. Tedla (2019). "Spinal manipulation therapy: Is it all about the brain? A current review of the neurophysiological effects of manipulation." J Integr Med **17(5): 328-337**.
- Haas, M., M. Aickin and D. Vavrek (2010). "A preliminary path analysis of expectancy and patient-provider encounter in an open-label randomized controlled trial of spinal manipulation for cervicogenic headache." J Manipulative Physiol Ther **33(1): 5-13**.

- Haas, M., G. Bronfort, R. Evans, C. Schulz, D. Vavrek, L. Takaki, L. Hanson, B. Leininger and M. B. Neradilek (2018). "Dose-response and efficacy of spinal manipulation for care of cervicogenic headache: a dual-center randomized controlled trial." *Spine J* **18**(10): 1741-1754.
- Haas, M., E. Group, M. Aickin, A. Fairweather, B. Ganger, M. Attwood, C. Cummins and L. Baffes (2004). "Dose response for chiropractic care of chronic cervicogenic headache and associated neck pain: a randomized pilot study." *J Manipulative Physiol Ther* **27**(9): 547-553.
- Haas, M., E. Group and D. F. Kraemer (2004). "Dose-response for chiropractic care of chronic low back pain." *Spine J* **4**(5): 574-583.
- Haas, M., A. Spegman, D. Peterson, M. Aickin and D. Vavrek (2010). "Dose response and efficacy of spinal manipulation for chronic cervicogenic headache: a pilot randomized controlled trial." *Spine J* **10**(2): 117-128.
- Haas, M., D. Vavrek, D. Peterson, N. Polissar and M. B. Neradilek (2014). "Dose-response and efficacy of spinal manipulation for care of chronic low back pain: a randomized controlled trial." *Spine J* **14**(7): 1106-1116.
- Hadizadeh, M., G. N. Kawchuk, N. Prasad and J. M. Fritz (2020). "Predicting who responds to spinal manipulative therapy using a short-time frame methodology: Results from a 238-participant study." *PLoS One* **15**(11): e0242831.
- Haldeman, S., L. J. Carroll, J. D. Cassidy, Bone, P. Joint Decade - Task Force on Neck and D. Its Associated (2008). "The empowerment of people with neck pain: introduction: the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders." *Spine (Phila Pa 1976)* **33**(4 Suppl): S8-S13.
- Hancock, M. J., C. G. Maher, J. Latimer, M. F. Spindler, J. H. McAuley, M. Laslett and N. Bogduk (2007). "Systematic review of tests to identify the disc, SIJ or facet joint as the source of low back pain." *Eur Spine J* **16**(10): 1539-1550.
- Harding , J. and D. James (2010). "Analysis of snowboarding performance at the Burton Open Australian half-pipe championships.". *Int J Perform Analysis Sport* **10:66-81**.
- Hartvigsen, J., K. Christensen and H. Frederiksen (2003). "Back pain remains a common symptom in old age. a population-based study of 4486 Danish twins aged 70-102." *Eur Spine J* **12**(5): 528-534.
- Hartvigsen, J., M. J. Hancock, A. Kongsted, Q. Louw, M. L. Ferreira, S. Genevay, D. Hoy, J. Karppinen, G. Pransky, J. Sieper, R. J. Smeets, M. Underwood and G. Lancet Low Back Pain Series Working (2018). "What low back pain is and why we need to pay attention." *Lancet* **391**(10137): 2356-2367.
- Hartvigsen, J., B. Natvig and M. Ferreira (2013). "Is it all about a pain in the back?" *Best Pract Res Clin Rheumatol* **27**(5): 613-623.
- Hayden, J. A., P. Cote, I. A. Steenstra, C. Bombardier and Q.-L. W. Group (2008). "Identifying phases of investigation helps planning, appraising, and applying the results of explanatory prognosis studies." *J Clin Epidemiol* **61**(6): 552-560.
- Hayden, J. A., M. N. Wilson, R. D. Riley, R. Iles, T. Pincus and R. Ogilvie (2019). "Individual recovery expectations and prognosis of outcomes in non-specific low back pain: prognostic factor review." *Cochrane Database Syst Rev* **2019**(11).
- Hemingway, H., P. Croft, P. Perel, J. A. Hayden, K. Abrams, A. Timmis, A. Briggs, R. Uдумян, K. G. Moons, E. W. Steyerberg, I. Roberts, S. Schroter, D. G. Altman, R. D. Riley and P. Group (2013). "Prognosis research strategy (PROGRESS) 1: a framework for researching clinical outcomes." *BMJ* **346**: e5595.

- Heneghan, N. R. and A. Rushton (2016). "Understanding why the thoracic region is the 'Cinderella' region of the spine." *Man Ther* **21**: 274-276.
- Herzog, W. (2010). "The biomechanics of spinal manipulation." *J Bodyw Mov Ther* **14**(3): 280-286.
- Hill, J. C., K. M. Dunn, M. Lewis, R. Mullis, C. J. Main, N. E. Foster and E. M. Hay (2008). "A primary care back pain screening tool: identifying patient subgroups for initial treatment." *Arthritis Rheum* **59**(5): 632-641.
- Hjermstad, M. J., P. M. Fayers, D. F. Haugen, A. Caraceni, G. W. Hanks, J. H. Loge, R. Fainsinger, N. Aass, S. Kaasa and C. European Palliative Care Research (2011). "Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review." *J Pain Symptom Manage* **41**(6): 1073-1093.
- Hoy, D., C. Bain, G. Williams, L. March, P. Brooks, F. Blyth, A. Woolf, T. Vos and R. Buchbinder (2012). "A systematic review of the global prevalence of low back pain." *Arthritis Rheum* **64**(6): 2028-2037.
- Hoy, D. G., E. Smith, M. Cross, L. Sanchez-Riera, F. M. Blyth, R. Buchbinder, A. D. Woolf, T. Driscoll, P. Brooks and L. M. March (2015). "Reflecting on the global burden of musculoskeletal conditions: lessons learnt from the global burden of disease 2010 study and the next steps forward." *Ann Rheum Dis* **74**(1): 4-7.
- Hudes, K. (2011). "The Tampa Scale of Kinesiophobia and neck pain, disability and range of motion: a narrative review of the literature." *J Can Chiropr Assoc* **55**(3): 222-232.
- Hughes, M. and R. Bartlett (2002). "The use of performance indicators in performance analysis." *J Sports Sci.* **20**(10):739-754.
- Hurwitz, E. L. (2012). "Epidemiology: spinal manipulation utilization." *J Electromyogr Kinesiol* **22**(5): 648-654.
- IASP. from <https://www.iasp-pain.org/advocacy/definitions-of-chronic-pain-syndromes/>.
- Innes, S., A. Beynon, C. Hodgetts, R. Manassah, D. Lim and B. F. Walker (2020). "Predictors of instantaneous relief from spinal manipulation for non-specific low back pain: a delphi study." *Chiropr Man Therap* **28**(1): 39.
- INRS. (2020). "Le mal de dos dans les secteurs les plus touchés." from <https://www.ameli.fr/saone-et-loire/entreprise/sante-travail/risques/mal-dos/secteurs> <https://www.inrs.fr/actualites/campagne-nationale-lombalgies.html>.
- Jackson, T., S. Thomas, V. Stabile, X. Han, M. Shotwell and K. McQueen (2015). "Prevalence of chronic pain in low-income and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis." *Lancet* **385 Suppl 2**: S10.
- Jenkins, H. J., A. S. Downie, C. G. Maher, N. A. Moloney, J. S. Magnussen and M. J. Hancock (2018). "Imaging for low back pain: is clinical use consistent with guidelines? A systematic review and meta-analysis." *Spine J* **18**(12): 2266-2277.
- Johansson, M. S., M. Jensen Stochkendahl, J. Hartvigsen, E. Boyle and J. D. Cassidy (2017). "Incidence and prognosis of mid-back pain in the general population: A systematic review." *Eur J Pain* **21**(1): 20-28.
- Joo, S., J. Kim, Y. Lee and C. Song (2020). "The Biomechanical Analysis of Magnitude and Direction of Force by Different Techniques of Thoracic Spinal Manipulation." *Biomed Res Int* **2020**: 8928071.

- Kalichman, L., L. Li, D. H. Kim, A. Guermazi, V. Berkin, C. J. O'Donnell, U. Hoffmann, R. Cole and D. J. Hunter (2008). "Facet joint osteoarthritis and low back pain in the community-based population." *Spine (Phila Pa 1976)* **33**(23): 2560-2565.
- Kaltenborn, F. (2011). *Manual Mobilization of the Joints*.
- Kamper, S. J., N. Henschke, L. Hestbaek, K. M. Dunn and C. M. Williams (2016). "Musculoskeletal pain in children and adolescents." *Braz J Phys Ther* **20**(3): 275-284.
- Kamper, S. J., C. G. Maher and G. Mackay (2009). "Global rating of change scales: a review of strengths and weaknesses and considerations for design." *J Man Manip Ther* **17**(3): 163-170.
- Kapandji, A. I. (2007). *Anatomie fonctionnelle - Tome 3, Tête et rachis*.
- Katzmarzyk, P. T. and I. M. Lee (2012). "Sedentary behaviour and life expectancy in the USA: a cause-deleted life table analysis." *BMJ Open* **2**(4).
- Kawchuk, G. N., J. Fryer, J. L. Jarecko, H. Zeng, L. Rowe and R. Thompson (2015). "Real-time visualization of joint cavitation." *PLoS One* **10**(4): e0119470.
- Keller, T. S. and C. J. Colloca (2000). "Mechanical force spinal manipulation increases trunk muscle strength assessed by electromyography: a comparative clinical trial." *J Manipulative Physiol Ther* **23**(9): 585-595.
- Keller, T. S., C. J. Colloca, R. J. Moore, R. Gunzburg and D. E. Harrison (2006). "Increased multiaxial lumbar motion responses during multiple-impulse mechanical force manually assisted spinal manipulation." *Chiropr Osteopat* **14**: 6.
- Keller, T. S., C. J. Colloca, R. J. Moore, R. Gunzburg, D. E. Harrison and D. D. Harrison (2006). "Three-dimensional vertebral motions produced by mechanical force spinal manipulation." *J Manipulative Physiol Ther* **29**(6): 425-436.
- Kent, P., C. Cancelliere, E. Boyle, J. D. Cassidy and A. Kongsted (2020). "A conceptual framework for prognostic research." *BMC Med Res Methodol* **20**(1): 172.
- Kjaer, P., N. Wedderkopp, L. Korsholm and C. Leboeuf-Yde (2011). "Prevalence and tracking of back pain from childhood to adolescence." *BMC Musculoskelet Disord* **12**: 98.
- Knecht, C., S. Hartnack, B. Sick, F. Riner, P. Schweinhardt and B. Wirth (2020). "A prospective observational study on trajectories and prognostic factors of mid back pain." *BMC Musculoskelet Disord* **21**(1): 554.
- Kopec, J. A., J. M. Esdaile, M. Abrahamowicz, L. Abenhaim, S. Wood-Dauphinee, D. L. Lampert and J. I. Williams (1996). "The Quebec Back Pain Disability Scale: conceptualization and development." *J Clin Epidemiol* **49**(2): 151-161.
- Koppenhaver, S. L., J. J. Hebert, G. N. Kawchuk, J. D. Childs, D. S. Teyhen, T. Croy and J. M. Fritz (2014). "Criterion validity of manual assessment of spinal stiffness." *Man Ther* **19**(6): 589-594.
- Krebs, E. E., A. Gravely, S. Nugent, A. C. Jensen, B. DeRonne, E. S. Goldsmith, K. Kroenke, M. J. Bair and S. Noorbaloochi (2018). "Effect of Opioid vs Nonopioid Medications on Pain-Related Function in Patients With Chronic Back Pain or Hip or Knee Osteoarthritis Pain: The SPACE Randomized Clinical Trial." *JAMA* **319**(9): 872-882.
- Krouwel, O., C. Hebron and E. Willett " An investigation into the potential hypoalgesic effects of different amplitudes of PA mobilisations on the lumbar spine as measured by pressure pain thresholds (PPT)." *Man Ther.* **2010 15**(1):7-12.
- Kushchayev, S. V., T. Glushko, M. Jarraya, K. H. Schuleri, M. C. Preul, M. L. Brooks and O. M. Teytelboym (2018). "ABCs of the degenerative spine." *Insights Imaging* **9**(2): 253-274.

- Leboeuf-Yde, C., R. Fejer, J. Nielsen, K. O. Kyvik and J. Hartvigsen (2011). "Consequences of spinal pain: do age and gender matter? A Danish cross-sectional population-based study of 34,902 individuals 20-71 years of age." *BMC Musculoskelet Disord* **12**: 39.
- Leboeuf-Yde, C., R. Fejer, J. Nielsen, K. O. Kyvik and J. Hartvigsen (2012). "Pain in the three spinal regions: the same disorder? Data from a population-based sample of 34,902 Danish adults." *Chiropr Man Therap* **20**: 11.
- Leboeuf-Yde, C., J. Nielsen, K. O. Kyvik, R. Fejer and J. Hartvigsen (2009). "Pain in the lumbar, thoracic or cervical regions: do age and gender matter? A population-based study of 34,902 Danish twins 20-71 years of age." *BMC Musculoskelet Disord* **10**: 39.
- Levac, D., H. Colquhoun and K. K. O'Brien (2010). "Scoping studies: advancing the methodology." *Implement Sci* **5**: 69.
- Liebschner, M. A., K. Chun, N. Kim and B. Ehni (2014). "In vitro biomechanical evaluation of single impulse and repetitive mechanical shockwave devices utilized for spinal manipulative therapy." *Ann Biomed Eng* **42**(12): 2524-2536.
- Lima, C. R., D. F. Martins and W. R. Reed (2020). "Physiological Responses Induced by Manual Therapy in Animal Models: A Scoping Review." *Front Neurosci* **14**: 430.
- Lin, I., L. Wiles, R. Waller, R. Goucke, Y. Nagree, M. Gibberd, L. Straker, C. G. Maher and P. P. B. O'Sullivan (2019). "What does best practice care for musculoskeletal pain look like? Eleven consistent recommendations from high-quality clinical practice guidelines: systematic review." *Br J Sports Med*.
- Lin, I., L. Wiles, R. Waller, R. Goucke, Y. Nagree, M. Gibberd, L. Straker, C. G. Maher and P. P. B. O'Sullivan (2020). "What does best practice care for musculoskeletal pain look like? Eleven consistent recommendations from high-quality clinical practice guidelines: systematic review." *Br J Sports Med* **54**(2): 79-86.
- Loranger, M., J. Treboz, J. A. Boucher, F. Nougarou, C. Dugas and M. Descarreaux (2016). "Correlation of expertise with error detection skills of force application during spinal manipulation learning." *J Chiropr Educ* **30**(1): 1-6.
- Loula, F., S. Prasad, K. Harber and M. Shiffra (2005). "Recognizing people from their movement." *J Exp Psychol Hum Percept Perform* **31**(1):210-220.
- Lu, D. F., S. K. Hart Lk Fau - Lutgendorf, Y. Lutgendorf Sk Fau - Perkhounkova and Y. Perkhounkova "The effect of healing touch on the pain and mobility of persons with osteoarthritis: a feasibility study." (1528-3984 (Electronic)).
- Lundberg, M. K. E., J. Styf and S. G. Carlsson (2004). "A psychometric evaluation of the Tampa Scale for Kinesiophobia — from a physiotherapeutic perspective." *Physiotherapy Theory and Practice* **20**(2): 121-133.
- Maher, C., M. Underwood and R. Buchbinder (2017). "Non-specific low back pain." *Lancet* **389**(10070): 736-747.
- Maitland GD, B. K., English K, Hengeveld E. (2001). *Maitland's vertebral manipulation*.
- Mansell, G., N. Corp, G. Wynne-Jones, J. Hill, S. Stynes and D. van der Windt (2021). "Self-reported prognostic factors in adults reporting neck or low back pain: An umbrella review." *Eur J Pain* **25**(8): 1627-1643.
- Marchand, A. A., L. Mendoza, C. Dugas, M. Descarreaux and I. Page (2017). "Effects of practice variability on spinal manipulation learning." *J Chiropr Educ* **31**(2): 90-95.
- Mercier, M., P. Rousseau, M. Funabashi, M. Descarreaux and I. Pagé (2021). "Devices Used to Measure Force-Time Characteristics of Spinal Manipulations and Mobilizations: A Mixed-

Methods Scoping Review on Metrologic Properties and Factors Influencing Use." *Frontiers in pain research*.

Merskey H., B. N. (1994). "Updated version 2011-2012 - Classification of Chronic Pain." from <https://www.iasp-pain.org/publications/free-ebooks/classification-of-chronic-pain-second-edition-revised/>.

Mikhail, J., M. Funabashi, M. Descarreaux and I. Page (2020). "Assessing forces during spinal manipulation and mobilization: factors influencing the difference between forces at the patient-table and clinician-patient interfaces." *Chiropr Man Therap* **28**(1): 57.

Ministère de la Santé. (2016). "Effet thérapeutique." from <https://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/medicaments/glossaire/article/effet-therapeutique>.

Monroe, C. M. "The effects of therapeutic touch on pain." (0898-0101 (Print)).

Morris, L. D., K. J. Daniels, B. Ganguli and Q. A. Louw (2018). "An update on the prevalence of low back pain in Africa: a systematic review and meta-analyses." *BMC Musculoskelet Disord* **19**(1): 196.

Myles, P. S., O. Boney, M. Botti, A. M. Cyna, T. J. Gan, M. P. Jensen, H. Kehlet, A. Kurz, G. S. De Oliveira, Jr., P. Peyton, D. I. Sessler, M. R. Tramer, C. L. Wu, E. P. C. G. St, P. Myles, M. Grocott, B. Biccard, J. Blazeby, O. Boney, M. Chan, E. Diouf, L. Fleisher, C. Kalkman, A. Kurz, R. Moonesinghe and D. Wijeyesundara (2018). "Systematic review and consensus definitions for the Standardised Endpoints in Perioperative Medicine (StEP) initiative: patient comfort." *Br J Anaesth* **120**(4): 705-711.

Newell, D., L. R. Lothe and T. J. L. Raven (2017). "Contextually Aided Recovery (CARe): a scientific theory for innate healing." *Chiropr Man Therap* **25**: 6.

NICE (2017). "Low back pain and sciatica in over 16s: assessment and management NICE Guideline [NG59]." *J Physiother* **63**(2): 120.

Nielsen, J., C. Glissmann Nim, S. O'Neill, E. Boyle, J. Hartvigsen and G. N. Kawchuk (2020). "Self-reports vs. physical measures of spinal stiffness." *PeerJ* **8**: e9598.

Niemelainen, R., T. Videman and M. C. Battie (2006). "Prevalence and characteristics of upper or mid-back pain in Finnish men." *Spine (Phila Pa 1976)* **31**(16): 1846-1849.

Nim, C. G., G. N. Kawchuk, B. Schiottz-Christensen and S. O'Neill (2021). "Changes in pain sensitivity and spinal stiffness in relation to responder status following spinal manipulative therapy in chronic low Back pain: a secondary explorative analysis of a randomized trial." *BMC Musculoskelet Disord* **22**(1): 23.

Nougarou, F., C. Dugas, C. Deslauriers, I. Page and M. Descarreaux (2013). "Physiological responses to spinal manipulation therapy: investigation of the relationship between electromyographic responses and peak force." *J Manipulative Physiol Ther* **36**(9): 557-563.

Nougarou, F., C. Dugas, M. Loranger, I. Page and M. Descarreaux (2014). "The role of preload forces in spinal manipulation: experimental investigation of kinematic and electromyographic responses in healthy adults." *J Manipulative Physiol Ther* **37**(5): 287-293.

Nougarou, F., I. Page, M. Loranger, C. Dugas and M. Descarreaux (2016). "Neuromechanical response to spinal manipulation therapy: effects of a constant rate of force application." *BMC Complement Altern Med* **16**: 161.

O'Donnell, M., J. A. Smith, A. Abzug and K. Kulig (2016). "How should we teach lumbar manipulation? A consensus study." *Man Ther* **25**: 1-10.

Oliveira, C. B., C. G. Maher, R. Z. Pinto, A. C. Traeger, C. C. Lin, J. F. Chenot, M. van Tulder and B. W. Koes (2018). "Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview." *Eur Spine J* **27**(11): 2791-2803.

- Ostelo, R. W., R. A. Deyo, P. Stratford, G. Waddell, P. Croft, M. Von Korff, L. M. Bouter and H. C. de Vet (2008). "Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change." *Spine (Phila Pa 1976)* **33**(1): 90-94.
- Ota, Y., M. Connolly, A. Srinivasan, J. Kim, A. A. Capizzano and T. Moritani (2020). "Mechanisms and Origins of Spinal Pain: from Molecules to Anatomy, with Diagnostic Clues and Imaging Findings." *Radiographics* **40**(4): 1163-1181.
- Page, I. and M. Descarreaux (2019). "Effects of spinal manipulative therapy biomechanical parameters on clinical and biomechanical outcomes of participants with chronic thoracic pain: a randomized controlled experimental trial." *BMC Musculoskelet Disord* **20**(1): 29.
- Page, I., F. Nougarou and M. Descarreaux (2016). "Neuromuscular response amplitude to mechanical stimulation using large-array surface electromyography in participants with and without chronic low back pain." *J Electromyogr Kinesiol* **27**: 24-29.
- Page, I., F. Nougarou, C. Dugas and M. Descarreaux (2014). "The effect of spinal manipulation impulse duration on spine neuromechanical responses." *J Can Chiropr Assoc* **58**(2): 141-148.
- Palese, A., L. Cadorin, M. Testa, T. Geri, L. Colloca and G. Rossetti (2019). "Contextual factors triggering placebo and nocebo effects in nursing practice: Findings from a national cross-sectional study." *J Clin Nurs* **28**(9-10): 1966-1978.
- Parikh, P., P. Santaguida, J. Macdermid, A. Gross and A. Eshtiaghi (2019). "Comparison of CPG's for the diagnosis, prognosis and management of non-specific neck pain: a systematic review." *BMC Musculoskelet Disord* **20**(1): 81.
- Pasquier, M., C. Cheron, G. Barbier, C. Dugas, A. Lardon and M. Descarreaux (2020). "Learning Spinal Manipulation: Objective and Subjective Assessment of Performance." *J Manipulative Physiol Ther* **43**(3): 189-196.
- Pasquier, M., C. Cheron, C. Dugas, A. Lardon and M. Descarreaux (2017). "The Effect of Augmented Feedback and Expertise on Spinal Manipulation Skills: An Experimental Study." *J Manipulative Physiol Ther* **40**(6): 404-410.
- Pasquier, M., C. Daneau, A. A. Marchand, A. Lardon and M. Descarreaux (2019). "Spinal manipulation frequency and dosage effects on clinical and physiological outcomes: a scoping review." *Chiropr Man Therap* **27**: 23.
- Passmore, S. R. and M. Descarreaux (2012). "Performance based objective outcome measures and spinal manipulation." *J Electromyogr Kinesiol* **22**(5): 697-707.
- Pentelka, L., C. Hebron, R. Shapleski and I. Goldshtain (2012). "The effect of increasing sets (within one treatment session) and different set durations (between treatment sessions) of lumbar spine posteroanterior mobilisations on pressure pain thresholds." *Man Ther* **17**(6): 526-530.
- Petersen, T., M. Laslett and C. Juhl (2017). "Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews." *BMC Musculoskelet Disord* **18**(1): 188.
- Pettman, E. (2007). "A history of manipulative therapy." *J Man Manip Ther* **15**(3): 165-174.
- Picchiottino, M., C. Leboeuf-Yde, O. Gagey and D. M. Hallman (2019). "The acute effects of joint manipulative techniques on markers of autonomic nervous system activity: a systematic review and meta-analysis of randomized sham-controlled trials." *Chiropr Man Therap* **27**: 17.
- 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.

- Pickar, J. G., P. S. Sung, Y. M. Kang and W. Ge (2007). "Response of lumbar paraspinal muscles spindles is greater to spinal manipulative loading compared with slower loading under length control." *Spine J* 7(5): 583-595.
- Prebay, Z., J. Peabody, D. Miller and K. Ghani (2019). "Video review for measuring and improving skill in urological surgery." *Nat Rev Urol* 16(4):261-267.
- Puentedura, E. J., J. A. Cleland, M. R. Landers, P. E. Mintken, A. Louw and C. Fernandez-de-Las-Penas (2012). "Development of a clinical prediction rule to identify patients with neck pain likely to benefit from thrust joint manipulation to the cervical spine." *J Orthop Sports Phys Ther* 42(7): 577-592.
- Qaseem, A., T. J. Wilt, R. M. McLean, M. A. Forciea, P. Clinical Guidelines Committee of the American College of, T. D. Denberg, M. J. Barry, C. Boyd, R. D. Chow, N. Fitterman, R. P. Harris, L. L. Humphrey and S. Vijan (2017). "Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians." *Ann Intern Med* 166(7): 514-530.
- Raja, S. N., D. B. Carr, M. Cohen, N. B. Finnerup, H. Flor, S. Gibson, F. J. Keefe, J. S. Mogil, M. Ringkamp, K. A. Sluka, X. J. Song, B. Stevens, M. D. Sullivan, P. R. Tutelman, T. Ushida and K. Vader (2020). "The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises." *Pain* 161(9): 1976-1982.
- Reed, W. R., D. Y. Cao, C. R. Long, G. N. Kawchuk and J. G. Pickar (2013). "Relationship between Biomechanical Characteristics of Spinal Manipulation and Neural Responses in an Animal Model: Effect of Linear Control of Thrust Displacement versus Force, Thrust Amplitude, Thrust Duration, and Thrust Rate." *Evid Based Complement Alternat Med* 2013: 492039.
- Reed, W. R., J. T. Cranston, S. M. Onifer, J. W. Little and R. S. Sozio (2017). "Decreased spontaneous activity and altered evoked nociceptive response of rat thalamic submedius neurons to lumbar vertebra thrust." *Exp Brain Res* 235(9): 2883-2892.
- Reed, W. R., M. A. Liebschner, R. S. Sozio, J. G. Pickar and M. R. Gudavalli (2015). "Neural Response During a Mechanically Assisted Spinal Manipulation in an Animal Model: A Pilot Study." *J Nov Physiother Phys Rehabil* 2(2): 20-27.
- Reed, W. R., C. R. Long, G. N. Kawchuk and J. G. Pickar (2014). "Neural responses to the mechanical parameters of a high-velocity, low-amplitude spinal manipulation: effect of preload parameters." *J Manipulative Physiol Ther* 37(2): 68-78.
- Reed, W. R. and J. G. Pickar (2015). "Paraspinal Muscle Spindle Response to Intervertebral Fixation and Segmental Thrust Level During Spinal Manipulation in an Animal Model." *Spine (Phila Pa 1976)* 40(13): E752-759.
- Reed, W. R., J. G. Pickar, R. S. Sozio, M. A. K. Liebschner, J. W. Little and M. R. Gudavalli (2017). "Characteristics of Paraspinal Muscle Spindle Response to Mechanically Assisted Spinal Manipulation: A Preliminary Report." *J Manipulative Physiol Ther* 40(6): 371-380.
- Reed, W. R., J. G. Pickar, R. S. Sozio and C. R. Long (2014). "Effect of spinal manipulation thrust magnitude on trunk mechanical activation thresholds of lateral thalamic neurons." *J Manipulative Physiol Ther* 37(5): 277-286.
- Reed, W. R., R. Sozio, J. G. Pickar and S. M. Onifer (2014). "Effect of spinal manipulation thrust duration on trunk mechanical activation thresholds of nociceptive-specific lateral thalamic neurons." *J Manipulative Physiol Ther* 37(8): 552-560.
- Riley, R. D., Danielle vand der Windt, Peter Croft, Karel GM Moons (2019). *Prognosis Research in Healthcare - Concepts, Methods, and Impact.*, Oxford University Press.

- Rogers, C. M. and J. J. Triano (2003). "Biomechanical measure validation for spinal manipulation in clinical settings." *J Manipulative Physiol Ther* **26**(9): 539-548.
- Roser, M. and H. Ritchie. (2016). "Burden of disease." from <https://ourworldindata.org/burden-of-disease>.
- Rossetti, G., E. M. Camerone, E. Carlino, F. Benedetti and M. Testa (2020). "Context matters: the psychoneurobiological determinants of placebo, nocebo and context-related effects in physiotherapy." *Arch Physiother* **10**: 11.
- Rossetti, G., A. Palese, T. Geri, M. Mirandola, F. Tortella and M. Testa (2019). "The Knowledge of Contextual Factors as Triggers of Placebo and Nocebo Effects in Patients With Musculoskeletal Pain: Findings From a National Survey." *Front Psychiatry* **10**: 478.
- Rubinstein, S. M., A. de Zoete, M. van Middelkoop, W. J. J. Assendelft, M. R. de Boer and M. W. van Tulder (2019). "Benefits and harms of spinal manipulative therapy for the treatment of chronic low back pain: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials." *BMJ* **364**: l689.
- Safiri, S., A. A. Kolahi, D. Hoy, R. Buchbinder, M. A. Mansournia, D. Bettampadi, A. Ashrafi-Asgarabad, A. Almasi-Hashiani, E. Smith, M. Sepidarkish, M. Cross, M. Qorbani, M. Moradi-Lakeh, A. D. Woolf, L. March, G. Collins and M. L. Ferreira (2020). "Global, regional, and national burden of neck pain in the general population, 1990-2017: systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2017." *BMJ* **368**: m791.
- Safiri, S., A. A. Kolahi, E. Smith, C. Hill, D. Bettampadi, M. A. Mansournia, D. Hoy, A. Ashrafi-Asgarabad, M. Sepidarkish, A. Almasi-Hashiani, G. Collins, J. Kaufman, M. Qorbani, M. Moradi-Lakeh, A. D. Woolf, F. Guillemin, L. March and M. Cross (2020). "Global, regional and national burden of osteoarthritis 1990-2017: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2017." *Ann Rheum Dis* **79**(6): 819-828.
- Schmidt, R. and T. Lee (2011). *Motor Control And Learning: A Behavioral Emphasis*, Publisher: Human Kinetics
- .
- Schwarzer, A. C., C. N. Aprill, R. Derby, J. Fortin, G. Kine and N. Bogduk (1994). "The relative contributions of the disc and zygapophyseal joint in chronic low back pain." *Spine (Phila Pa 1976)* **19**(7): 801-806.
- Sebbag, E., R. Felten, F. Sagez, J. Sibilia, H. Devilliers and L. Arnaud (2019). "The world-wide burden of musculoskeletal diseases: a systematic analysis of the World Health Organization Burden of Diseases Database." *Ann Rheum Dis* **78**(6): 844-848.
- Sherwood, D. E. (2010). "Detecting and correcting errors in rapid aiming movements: effects of movement time, distance, and velocity." *Res Q Exerc Sport* **81**(3): 300-309.
- Snodgrass, S. J., D. A. Rivett and V. J. Robertson (2006). "Manual forces applied during posterior-to-anterior spinal mobilization: a review of the evidence." *J Manipulative Physiol Ther* **29**(4): 316-329.
- Snodgrass, S. J., D. A. Rivett, M. Sterling and B. Vicenzino (2014). "Dose optimization for spinal treatment effectiveness: a randomized controlled trial investigating the effects of high and low mobilization forces in patients with neck pain." *J Orthop Sports Phys Ther* **44**(3): 141-152.
- Southerst, D., A. A. Marchand, P. Cote, H. M. Shearer, J. J. Wong, S. Varatharajan, K. Randhawa, D. Sutton, H. Yu, D. P. Gross, C. Jacobs, R. Goldgrub, M. Stupar, S. Mior, L. J. Carroll and A. Taylor-Vaisey (2015). "The effectiveness of noninvasive interventions for musculoskeletal thoracic spine and chest wall pain: a systematic review by the Ontario Protocol

- for Traffic Injury Management (OPTIMa) collaboration." *J Manipulative Physiol Ther* **38**(7): 521-531.
- Speksnijder, C. M., T. Koppenaal, J. A. Knottnerus, M. Spigt, J. B. Staal and C. B. Terwee (2016). "Measurement Properties of the Quebec Back Pain Disability Scale in Patients With Nonspecific Low Back Pain: Systematic Review." *Phys Ther* **96**(11): 1816-1831.
- Spielberger, C. D., Goruch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). "(1983). Manual for the state-trait inventory STAI (form Y)." *Mind Garden, Palo Alto, CA, USA.*
- Stainsby, B. E., M. C. Clarke and J. R. Egonia (2016). "Learning spinal manipulation: A best-evidence synthesis of teaching methods." *J Chiropr Educ* **30**(2): 138-151.
- Stanley (2000). "A History of Manipulative Therapy Through the Ages and Up to the Current Controversy in the United States." *Journal of Manual & Manipulative Therapy* **8**: 66-77.
- Stanton, T. R., J. Latimer, C. G. Maher and M. J. Hancock (2010). "How do we define the condition 'recurrent low back pain'? A systematic review." *Eur Spine J* **19**(4): 533-539.
- Stanton, T. R., J. Latimer, C. G. Maher and M. J. Hancock (2011). "A modified Delphi approach to standardize low back pain recurrence terminology." *Eur Spine J* **20**(5): 744-752.
- Stanton, T. R., G. L. Moseley, A. Y. L. Wong and G. N. Kawchuk (2017). "Feeling stiffness in the back: a protective perceptual inference in chronic back pain." *Sci Rep* **7**(1): 9681.
- Starmer, D. J., B. P. Guist, T. R. Tuff, S. C. Warren and M. G. Williams (2016). "Changes in Manipulative Peak Force Modulation and Time to Peak Thrust among First-Year Chiropractic Students Following a 12-Week Detraining Period." *J Manipulative Physiol Ther* **39**(4): 311-317.
- Stochkendahl, M. J., P. Kjaer, J. Hartvigsen, A. Kongsted, J. Aaboe, M. Andersen, M. O. Andersen, G. Fournier, B. Hojgaard, M. B. Jensen, L. D. Jensen, T. Karbo, L. Kirkeskov, M. Melbye, L. Morsel-Carlsen, J. Nordsteen, T. S. Palsson, Z. Rasti, P. F. Silbye, M. Z. Steiness, S. Tarp and M. Vaagholt (2018). "National Clinical Guidelines for non-surgical treatment of patients with recent onset low back pain or lumbar radiculopathy." *Eur Spine J* **27**(1): 60-75.
- Strong, J., R. Ashton and D. Chant (1991). "Pain intensity measurement in chronic low back pain." *Clin J Pain* **7**(3): 209-218.
- Symons, B., S. Wuest, T. Leonard and W. Herzog (2012). "Biomechanical characterization of cervical spinal manipulation in living subjects and cadavers." *J Electromyogr Kinesiol* **22**(5): 747-751.
- Testa, M. and G. Rossetti (2016). "Enhance placebo, avoid nocebo: How contextual factors affect physiotherapy outcomes." *Man Ther* **24**: 65-74.
- Treede, R. D., Rief, W., Barke, A., Aziz, Q., Bennett, M.I., Benoliel, R., Cohen, M., Evers, S., Finnerup, N.B., First, M.B., Giamberardino, M.A., Kaasa, S., Korwisi, B., Kosek, E., Lavand'homme, P., Nicholas, M., Perrot, S., Scholz, J., Schug, S., Smith, B.H., Svensson, P., Vlaeyen, J.W.S., and Wang, S.J. (2019). "Chronic pain as a symptom or a disease: the IASP Classification of Chronic Pain for the International Classification of Diseases (ICD- 11)." *Pain* **160**, 19-27.
- Triano, J. J. (2001). "Biomechanics of spinal manipulative therapy." *Spine J* **1**(2): 121-130.
- Triano, J. J., M. Descarreaux and C. Dugas (2012). "Biomechanics--review of approaches for performance training in spinal manipulation." *J Electromyogr Kinesiol* **22**(5): 732-739.
- Triano, J. J., T. Gissler, M. Forgie and D. Milwid (2011). "Maturation in rate of high-velocity, low-amplitude force development." *J Manipulative Physiol Ther* **34**(3): 173-180.

- Tubach, F., B. Giraudeau and P. Ravaud (2009). "The variability in minimal clinically important difference and patient acceptable symptomatic state values did not have an impact on treatment effect estimates." *J Clin Epidemiol* **62**(7): 725-728.
- Vaillant, M., T. Edgecombe, C. R. Long, J. G. Pickar and G. N. Kawchuk (2012). "The effect of duration and amplitude of spinal manipulative therapy (SMT) on spinal stiffness." *Man Ther* **17**(6): 577-583.
- Van Wambeke, P., A. Desomer, P. Jonckheer and B. Depreitere (2020). "The Belgian national guideline on low back pain and radicular pain: key roles for rehabilitation, assessment of rehabilitation potential and the PRM specialist." *Eur J Phys Rehabil Med* **56**(2): 220-227.
- Vardeh, D., R. J. Mannion and C. J. Woolf (2016). "Toward a Mechanism-Based Approach to Pain Diagnosis." *J Pain* **17**(9 Suppl): T50-69.
- Vavrek, D., M. Haas, M. B. Neradilek and N. Polissar (2015). "Prediction of pain outcomes in a randomized controlled trial of dose-response of spinal manipulation for the care of chronic low back pain." *BMC Musculoskelet Disord* **16**: 205.
- Von Korff, M., M. P. Jensen and P. Karoly (2000). "Assessing global pain severity by self-report in clinical and health services research." *Spine (Phila Pa 1976)* **25**(24): 3140-3151.
- Vos, Abajobir, Abbafati, Abbas, Hassen Abate and a. collaborators (2017). "Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016." *Lancet* **390**(10100): 1211-1259.
- Ward, M. M., A. Deodhar, L. S. Gensler, M. Dubreuil, D. Yu, M. A. Khan, N. Haroon, D. Borenstein, R. Wang, A. Biehl, M. A. Fang, G. Louie, V. Majithia, B. Ng, R. Bigham, M. Pianin, A. A. Shah, N. Sullivan, M. Turgunbaev, J. Oristaglio, A. Turner, W. P. Maksymowych and L. Caplan (2019). "2019 Update of the American College of Rheumatology/Spondylitis Association of America/Spondyloarthritis Research and Treatment Network Recommendations for the Treatment of Ankylosing Spondylitis and Nonradiographic Axial Spondyloarthritis." *Arthritis Rheumatol* **71**(10): 1599-1613.
- Wedderkopp, N., C. Leboeuf-Yde, L. B. Andersen, K. Froberg and H. S. Hansen (2001). "Back pain reporting pattern in a Danish population-based sample of children and adolescents." *Spine (Phila Pa 1976)* **26**(17): 1879-1883.
- Willett, E., C. Hebron and O. Krouwel (2010). "The initial effects of different rates of lumbar mobilisations on pressure pain thresholds in asymptomatic subjects." *Man Ther* **15**(2): 173-178.
- Wong, A. Y., E. C. Parent, S. S. Dhillon, N. Prasad and G. N. Kawchuk (2015). "Do participants with low back pain who respond to spinal manipulative therapy differ biomechanically from nonresponders, untreated controls or asymptomatic controls?" *Spine (Phila Pa 1976)* **40**(17): 1329-1337.
- World Federation of Chiropractic ACC Education Conference consensus statement. .
- World Health Organization (2005). WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic: 9-13.
- World Health Organization. (2021). "Definition of pain duration." from <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#/http%3a%2f%2fid.who.int%2fid%2fentity%2f1404135736>.
- World Health Organization (2021). "Musculoskeletal conditions."
- Wu, A., L. March, X. Zheng, J. Huang, X. Wang, J. Zhao, F. M. Blyth, E. Smith, R. Buchbinder and D. Hoy (2020). "Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017." *Ann Transl Med* **8**(6): 299.

Young, A., M. S. Swain, G. N. Kawchuk, A. Y. L. Wong and A. S. Downie (2020). "The bench-top accuracy of the VerteTrack spinal stiffness assessment device." *Chiropr Man Therap* **28**(1): 42.

Young, C. and D. Reinkensmeyer (2014). " Judging complex movement performances for excellence: a principal components analysis-based technique applied to competitive diving." *Hum Mov Sci* **36:107-122**.

Zangrandi, F., G. Piccinini, C. Tagliolini, G. Marsilli, M. Iosa, M. C. Vulpiani and T. Paolucci "The efficacy of a preparatory phase of a touch-based approach in treating chronic low back pain: a randomized controlled trial." (1178-7090 (Print)).

Annexes

Annexe I - Grilles d'évaluation clinicien, thérapeute et patient - (Étude 2)

INSTRUCTIONS POUR LES ÉCHELLES D'ÉVALUATION

Nom-Prénom :

Code de l'essai :

La force appliquée lors du thrust

Force du thrust
extrêmement faible

Force du thrust

La mise en tension

Mise en tension
extrêmement faible

Mise en tension

La vitesse

Vitesse extrêmement

Vitesse extrêmement

Le rebond (relâchement)

Aucun relâchement

Relâchement complet

Confort

Extrêmement

Extrêmement

Annexe II – Échelle de dorso-lombalgie - (Étude 3)

❖ Échelle de dorso-lombalgie

Les personnes souffrant du dos sont à même d'avoir des difficultés à exécuter certaines activités de la vie de tous les jours. Nous aimerions connaitre vos difficultés éventuelles, compte tenu de vos problèmes de dos, à accomplir certaines des activités qui sont énumérées ci-dessous. Pour chaque activité, il vous faut donner une note comprise entre 0 et 5.

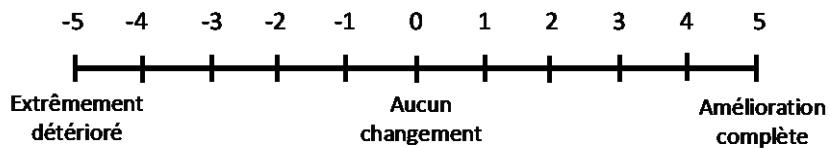
Veuillez s'il vous plaît ne choisir qu'une seule réponse par activité, sans n'en omettre aucune.

	Aucune difficulté	Très peu difficile	Un peu difficile	Difficile	Très difficile	Impossible
1. Vous levez de votre lit	<input type="checkbox"/>					
2. Dormir une nuit entière	<input type="checkbox"/>					
3. Vous retournez dans votre lit	<input type="checkbox"/>					
4. Conduire une voiture	<input type="checkbox"/>					
5. Se tenir debout pendant une de 20 à 30 minutes	<input type="checkbox"/>					
6. Être assis dans une chaise pendant plusieurs heures	<input type="checkbox"/>					
7. Monter un étage d'escalier	<input type="checkbox"/>					
8. Marcher le long de plusieurs pâtés de maisons (300 à 400 mètres)	<input type="checkbox"/>					
9. Marcher plusieurs kilomètres	<input type="checkbox"/>					
10. Atteindre des étagères hautes	<input type="checkbox"/>					
11. Lancer une balle	<input type="checkbox"/>					
12. Courir le long d'un pâté de maison (100 mètres)	<input type="checkbox"/>					
13. Sortir de la nourriture du réfrigérateur	<input type="checkbox"/>					
14. Faire son lit	<input type="checkbox"/>					
15. Mettre des chaussettes (ou collants)	<input type="checkbox"/>					
16. Se pencher en avant	<input type="checkbox"/>					
17. Déplacer une chaise	<input type="checkbox"/>					
18. Pousser ou tirer une lourde porte	<input type="checkbox"/>					
19. Porter deux paniers à provisions	<input type="checkbox"/>					
20. Soulever et porter une lourde valise	<input type="checkbox"/>					

Annexe III - Échelles des attentes - (Étude 3)

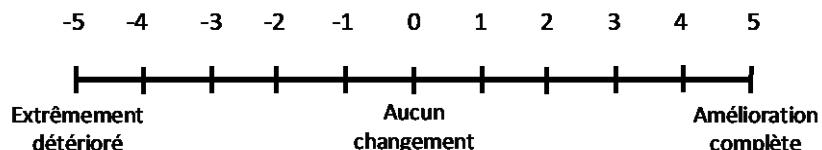
❖ Jour 1 - Échelle des attentes vis-à-vis de l'amélioration de votre capacité fonctionnelle

Sur une échelle de -5 à 5, comment évalueriez-vous vos attentes vis-à-vis de l'amélioration de votre capacité fonctionnelle ?



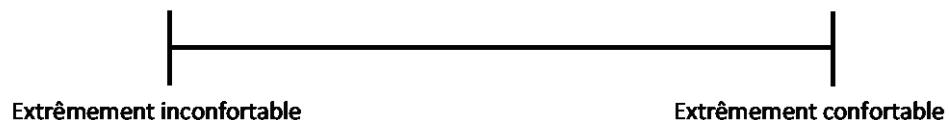
❖ Jour 1 - Échelle des attentes vis-à-vis de l'amélioration de vos douleurs

Sur une échelle de -5 à 5, comment évalueriez-vous vos attentes vis-à-vis de l'amélioration de vos douleurs ?

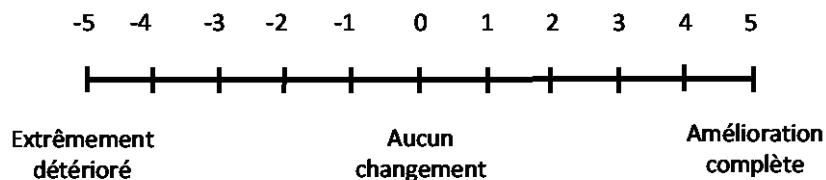


Annexe IV – Échelle de confort et de changement global perçu - (Étude 3)

- ❖ **Échelle de confort:**
Evaluez le confort ressenti lors de la manipulation vertébrale.



❖ **Échelle de changement global perçu :**
Sur une échelle de -5 à 5, en comparant avec le début de votre épisode, à combien coteriez-vous l'état de votre région dorsale?



Annexe V – Certificat éthique - (Étude 2)

UQTR



CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÉTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : **Étude de la corrélation entre les paramètres biomécaniques et l'évaluation subjective de la performance de la manipulation vertébrale**

Chercheur(s) : Mégane Pasquier
Département d'anatomie

Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-18-242-07.05

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 26 janvier 2019 au 26 janvier 2020

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématuée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Bruce Maxwell

Bruce Maxwell
Président du comité

Fanny Longpré

Fanny Longpré
Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création

Date d'émission : 21 janvier 2019

Annexe VI – Certificat éthique - (Étude 3)

3291



CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÉTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : Facteurs prédicteurs permettant d'identifier les patients atteints de dorsalgie non spécifiques répondant favorablement à la manipulation vertébrale : une étude cohorte prospective

Chercheur(s) : Mégane Pasquier
Département d'anatomie

Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-20-265-10.02

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 31 janvier 2020 au 31 janvier 2021

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Bruce Maxwell

Président du comité

Fanny Longpré

Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création Date d'émission : 31 janvier 2020

Annexe VII– Certificat éthique – Comité de Protection à la personne - (Étude 3)

Page 1

COMITE de PROTECTION des PERSONNES

CPP OUEST II - ANGERS

Monsieur Sylvain Pigeon
Institut Franco-Européen de Chiropraxie
24 boulevard Paul Vaillant-Couturier
94200 Ivry Sur Seine

Projet d'étude n°**2019/45**

Angers, le 8 janvier 2020

Monsieur,

Vous trouverez ci-joint l'**avis favorable** du CPP Ouest II concernant le projet d'étude intitulé :

«Facteurs prédicteurs permettant d'identifier les patients atteints de dorsalgies non spécifiques répondant favorablement à la manipulation vertébrale : une étude cohorte prospective.»

Vous en souhaitant bonne réception, je vous prie de croire, Monsieur, en l'expression de mes sentiments dévoués.

Dr Nicole Meslier
Présidente du CPP Ouest II



Copie envoyée pour information à l'ANSM et à la CNRIPH

Secrétariat CPP Ouest II - Maison de la Recherche Clinique - CHU Angers 49933 Angers cedex 9

Tél : 02 41 35 52 15 Fax : 02 41 35 54 00 e-mail : cpp.ouest2@univ-angers.fr

COMITE de PROTECTION des PERSONNES

CPP OUEST II - ANGERS

Angers, le 8 janvier 2020

Le Comité a été saisi le 8 juillet 2019 d'une demande d'avis pour le projet de recherche intitulé

«Facteurs prédicteurs permettant d'identifier les patients atteints de dorsalgie non spécifiques répondant favorablement à la manipulation vertébrale : une étude cohorte prospective.»

n° identification RCB : **2019-A01171-56**

n° identification SI/CPP : **19.04.27.61617 (2019/45)**

Promoteur : Institut Franco-Européen de Chiropraxie, 24 boulevard Paul Vaillant Couturier, 94200 Ivry Sur Seine

Investigateur principal : Mme Mégane Pasquier, Institut Franco-Européen de Chiropraxie, 24 boulevard Paul Vaillant Couturier, 94200 Ivry Sur Seine

La délibération a été conduite le mardi 3 septembre 2019 en comité restreint sur les documents suivants :

- le courrier de demande d'avis daté du 26 avril 2019 signé,
- le formulaire de demande d'avis daté du 26 avril 2019 signé,
- le protocole de recherche, version française n°3 datée du 9 mai 2019,
- le résumé du protocole, version française n°2 datée du 20 mai 2019,
- le questionnaire TAMPA TSK-CF1, le questionnaire socio-démographique, l'échelle numérique de la douleur, l'échelle des attentes vis à vis de l'amélioration de la douleur et vis à vis de l'amélioration de l'incapacité, les données de l'anamnèse, le tableau des données table,
- la liste des investigateurs,
- le curriculum vitae des investigateurs,
- la notice d'information et formulaire de consentement, version n°2 datée du 25 juin 2019,
- la lettre d'engagement de conformité à une méthodologie de référence datée du 9 mai 2019,
- le récépissé de la déclaration de conformité à une méthodologie de référence MR003 délivré par la CNIL datée du 5 juillet 2019.

Ont participé à la délibération les membres suivants :

*membre qualifié en biostatistique ou épidémiologie

- **Recherche biomédicale** : Mesdames Lermite (S), Meslier (T) et Septans* (S). Monsieur Subra (T).
- **Pharmacien** : Monsieur Legeay (T).
- **Infirmier** : Monsieur Béduneau (T).
- **Ethique** : Madame Armand (T).
- **Psychologue** : Madame Floreck (S).
- **Juriste** : Madame V. Pineau (T).
- **Association agréée de malades** : Monsieur Besnard (T).

Le comité a émis un AVIS FAVORABLE à la mise en œuvre de cette étude après réception le 20 novembre 2019 sur le SI de la CNRIPH des documents suivants :

- le courrier de réponse du promoteur aux remarques du comité daté du 20 novembre 2019.
- le résumé du protocole, version française n°3 datée du 20 novembre 2019,

après réception le 19 décembre 2019 sur le SI de la CNRIPH du document suivant :

- le protocole de recherche, version française n°7 datée du 19 décembre 2019.

après réception le 7 janvier 2020 sur le SI de la CNRIPH du document suivant :

- la notice d'information et formulaire de consentement, version n°6 datée du 7 janvier 2020.

Dr Nicole Meslier
Présidente du CPP Ouest II



Annexe VIII - Supplementary file 1- (Étude 3)

Supplementary file 1. Baseline characteristics by pain responder status at post-intervention and follow-up.

VARIABLES	Pain responder status at post-intervention (n=82)			Pain responder status at follow-up (n=74)		
	Responders (n=31)	Non-responders (n=51)	p-value	Responders (n= 49)	Non-responders (n=25)	p-value
Preload (N)	186 (140)	163 (110)	0.716*	181 (110)	143 (133)	0.151*
Peak force (N)	485.9 (\pm 184.5)	453.67 (\pm 141.7)	0.376	475.2 (\pm 150.4)	422.4 (\pm 160.7)	0.167
Thrust duration (ms)	134 (41)	131 (29)	0.515*	128 (26)	134 (31)	0.823*
Rate of force (N.s ⁻¹)	2455.9 (\pm 1044.6)	2392.9 (\pm 844.6)	0.765	2471.6 (\pm 978.6)	2307.3 (\pm 891.4)	0.484
Drop in preload (N)	25 (48)	23 (41)	0.741*	18 (46)	25 (35)	0.381*
Expectation of improvement in pain (-5 to 5)	3.5 (3)	4 (2)	0.162*	4 (2)	3 (2)	0.205*
Expectation of improvement in disability (-5 to 5)	3.5 (2)	4 (2)	0.452*	4 (2)	3 (1)	*0.036*
Kinesiophobia – Tampa (/68)	29.6 (\pm 11.4)	29.8(\pm 12.1)	0.939	29.1 (\pm 11.7)	30.5 (\pm 11.6)	0.620
Level of anxiety -STAI-YA (/100)	36 (10)	34 (13)	0.524*	36 (11)	34 (14)	0.684*
Level of anxiety - STAI-YB (/100)	39 (9)	37 (17)	0.483*	39 (11)	40 (18)	0.592*
Comfort (0-10)	7.7 (\pm 1.8)	5.8 (\pm 2.2)	*<0.001	6.79 (\pm 2.15)	6.16 (\pm 2.44)	0.259
Pain at baseline - NRS (0-10)	4 (3)	5 (2.4)	0.202*	4.3 (2.9)	5 (2)	0.427*
Disability at baseline - QBPS (/100)	12 (11)	15 (18)	0.259*	13.5 (15.5)	15 (18)	0.463*
Pain change at post-intervention	X			1 (2.5)	0.75 (1.35)	0.085*
GPC at post-intervention (-5 to 5)	X			2 (1.75)	2 (3)	0.338*

* if significant value; *Wilcoxon rank sum test; T-test

n = number of patients; SD = Standard Deviation; STAI= State-Trait-Anxiety Inventory; NRS= Numeric Rating Scale; QBPS= Quebec Back Pain Scale GPC= Global perceived change; IQR = Interquartile Range

Mean (\pm SD) are presented for normally distributed data and Median (IQR) are presented for non-normally distributed data

Annexe IX - Supplementary file 2- (Étude 3)

Supplementary file 2. Baseline characteristics by disability responder status at follow-up.

VARIABLES	Disability responder status at follow-up (n=94)		
	Responders (n=41)	Non-responders (n=53)	p-value
Preload (N)	183 (117)	152 (101)	0.287 ⁺
Peak force (N)	468.2 (\pm 171.0)	432.7 (\pm 137.0)	0.267 ⁻
Thrust duration (ms)	133 (32)	124 (25.0)	0.099 ⁺
Rate of force (N.s ⁻¹)	2330.3 (\pm 891.9)	2370.6 (\pm 857.9)	0.824 ⁻
Drop in preload (N)	21 (42)	25 (45)	0.489 ⁺
Expectation of improvement in pain (-5 to 5)	4 (2)	4 (2)	0.394 ⁺
Expectation of improvement in disability (-5 to 5)	4 (1.5)	3 (2.2)	0.324 ⁺
Kinesiophobia – Tampa (/68)	28.8 (\pm 11.1)	29.69 (\pm 11.1)	0.701 ⁻
Level of anxiety - STAI-YA (/100)	33.0 (13)	34 (14)	0.516 ⁺
Level of anxiety - STAI-YB (/100)	38 (10)	43 (16)	0.473 ⁺
Comfort (0-10)	6.60 (\pm 2.47)	6.45 (\pm 2.44)	0.768 ⁻
Pain at baseline - NRS (0-10)	4 (2.75)	5 (2)	0.080 ⁺
Disability at baseline - QBPS (/100)	15 (17)	12 (11)	0.281 ⁺
Pain change at post-intervention	1 (1.25)	1 (2)	0.807 ⁺
GPC at post-intervention (-5 to 5)	2 (2.7)	2 (3)	0.832 ⁺

⁺Wilcoxon rank sum test; ⁻T-test

n = number of patients; SD = Standard Deviation; STAI= State-Trait-Anxiety Inventory; NRS= Numeric Rating Scale; QBPS= Quebec Back Pain Scale; GPC= Global perceived change; IQR = Interquartile Range

Mean (\pm SD) are presented for normally distributed data and Median (IQR) are presented for non-normally distributed data

Annexe X – Supplementary file 3 - (Étude 3)

Supplementary file 3. Baseline characteristics by GPC responder status at post-intervention and follow-up

VARIABLES	GPC responder status at post-intervention (n=105)			GPC responder status at follow-up (n=94)		
	Responders (n=68)	Non-responders (n=37)	p-value	Responders (n=68)	Non-responders (n=26)	p-value
Preload (N)	162.5 (120)	161 (101)	0.707 ⁺	161.5 (125)	155.5 (89)	0.796 ⁺
Peak force (N)	457.8 (\pm 166.5)	439.3 (\pm 139.0)	0.566 ⁻	450.7 (\pm 153.0)	435.5 (\pm 154.4)	0.667 ⁻
Thrust duration (ms)	127.5 (27)	128 (32)	0.869 ⁺	126 (25)	128.0 (41)	0.706 ⁺
Rate of force (N.s ⁻¹)	2362.1 (\pm 883.7)	2355.9 (\pm 860.4)	0.972 ⁻	2434.6 (\pm 926.1)	2219.3 (\pm 799.8)	0.298 ⁻
Drop in preload (N)	18 (41)	30 (44)	0.077 ⁺	18 (47.5)	24.5 (41)	0.313 [*]
Expectation of improvement in pain (-5 to 5)	4 (2)	4 (1.5)	0.325 ⁺	4 (2)	3 (2)	*0.005 ⁺
Expectation of improvement in disability (-5 to 5)	4 (2)	3 (1.5)	*0.022 ⁺	4 (2)	3 (2)	*0.017 ⁺
Kinesiophobia – Tampa (/68)	29.4 (\pm 11.4)	29.3 (\pm 10.7)	0.976 ⁻	28.9 (\pm 11.5)	30.2 (\pm 9.9)	0.622 ⁻
Level of anxiety -STAI-YA (/100)	36 (12)	33 (13)	0.575 ⁺	36 (14)	33 (14)	0.626 ⁺
Level of anxiety - STAI-YB (/100)	37.5 (14)	40 (15)	0.537 ⁺	38 (11)	43 (19)	0.517 ⁺
Comfort (0-10)	7.09 (\pm 2.3)	5.5 (\pm 2.3)	*<0.001 ⁻	6.9 (\pm 2.2)	5.4 (\pm 2.5)	*0.006 ⁻
Pain at baseline - NRS (0-10)	4.76 (2.65)	4.65 (3)	0.550 ⁺	4.2 (2.76)	5 (2)	0.327 ⁺
Disability at baseline - QBPS (/100)	13.5 (14)	9 (13.5)	0.348 ⁺	13.5 (13.5)	18 (8)	0.211 ⁺
Pain change at post-intervention	X			1 (2.7)	0.85 (1.65)	0.272 ⁺
GPC at post-intervention (-5 to 5)	X			3 (2.5)	1 (2)	*<0.001 ⁺

* if significant values; ⁺Wilcoxon rank sum test; ⁻T-test

n = number of patients; SD = Standard Deviation; STAI= State-Trait-Anxiety Inventory; NRS= Numeric Rating Scale;

QBPS= Quebec Back Pain Scale; GPC= Global perceived change; IQR = Interquartile Range

Mean (\pm SD) are presented for normally distributed data and Median (IQR) are presented for non-normally distributed data

