



Effets immédiats de deux méthodes de stabilisation lombaire sur les mesures de contrôle postural chez les personnes âgées saines et avec maux de dos

par Régis Marie Lucien Olivier D'Assomption

Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M. Sc.) en sciences cliniques et biomédicales

Québec, Canada

© Régis d'Assomption, 2025

RÉSUMÉ

Introduction : La prévalence élevée de la lombalgie chronique chez les personnes âgées démontre l'importance de cette problématique de santé. Les personnes âgées avec une lombalgie chronique ont souvent des troubles d'équilibre postural et un risque de chute augmenté. Ces troubles fonctionnels sont associés à une instabilité lombaire accrue et à une déficience musculaire du tronc (faiblesse, fatigue, mauvaise proprioception). Une approche pouvant maximiser la stabilité lombaire et avoir un impact sur le contrôle postural du tronc, lors des interventions en physiothérapie, est l'utilisation d'une orthèse lombo-sacrée. Toutefois, la littérature présente des résultats contradictoires sur le sujet. Aussi, reste-t-il à connaître l'avantage de cette intervention par rapport aux exercices de stabilisation (ex : comme la contraction active du muscle transverse de l'abdomen) chez une clientèle âgée et avec une lombalgie chronique. Il paraissait alors intéressant de démontrer si ces deux types d'approches de stabilisation lombaire (passive et active par la contraction musculaire) modifient le contrôle postural lors des mesures d'équilibre sur une plateforme de force.

Objectif : Évaluer les effets immédiats de deux méthodes de stabilisation lombaire : 1) l'orthèse lombo-sacrée et 2) l'exercice appelé *abdominal drawing-in maneuver* du muscle transverse sur les mesures du contrôle postural provenant d'une plateforme de force chez les personnes âgées avec et sans une lombalgie chronique.

Méthode : 57 aînés (≥ 65 ans, 32 femmes) en 2 groupes : 22 ayant une lombalgie chronique et 35 sans lombalgie chronique (groupe contrôle) ont été évalués sur une plateforme de force pour tester le contrôle postural lors de deux essais en posture semi-tandem. Trois conditions expérimentales, présentées aléatoirement, ont été évaluées pendant ce test : 1) sans aucune approche de stabilisation lombaire, 2) avec une orthèse lombo-sacrée (LSO) et 3) avec l'exercice appelé *abdominal drawing-in maneuver* (ADIM). Les principales variables générées par la plateforme de force pour évaluer le contrôle postural sont sept paramètres stabilographiques à partir de la variable du centre de pression des pieds (COP). Ces paramètres ont été calculés dans les trois conditions expérimentales et sont: l'amplitude d'oscillation du COP, l'aire ellipse du COP, la vitesse moyenne et fréquence moyenne d'oscillation du COP lors des directions antéro-postérieure et médio-latérale du mouvement. Des analyses multiples de variance (groupes $\times$ conditions), avec des mesures répétées, ont été utilisées pour déterminer les différences significatives entre les deux groupes (avec et sans lombalgie chronique) et les trois conditions expérimentales pour chaque paramètre du COP. Lorsque nécessaire, un test post-hoc de *Tukey* a été utilisé pour localiser les différences significatives trouvées entre les trois conditions expérimentales. La taille d'effet ainsi que le pourcentage de la différence entre les moyennes à travers les groupes et conditions ont été aussi calculés sur les variables significatives.

Résultats : Les analyses de variance n'ont révélé tout d'abord aucune interaction significative entre les groupes et les conditions expérimentales ($0,15 \leq p \leq 0,75$). Des différences significatives ($0,003 \leq p \leq 0,05$) entre le groupe lombalgique chronique versus le groupe asymptotique ont été observées pour trois paramètres du COP (les amplitudes d'oscillation du COP dans les directions antéro-postérieure et médio-latérale ainsi que l'aire ellipse d'oscillation du COP). Pour ces trois paramètres du COP, les valeurs à la hausse indiquaient un mauvais contrôle postural du groupe lombalgique chronique par rapport au groupe contrôle. De plus, des différences significatives ($0,001 \leq p \leq 0,02$) entre les trois conditions expérimentales ont été trouvées pour trois paramètres du COP (la vitesse et l'amplitude d'oscillation du COP dans la direction antéro-postérieure, ainsi que l'aire ellipse d'oscillation du COP). La LSO améliorerait le contrôle postural tandis que l'ADIM le détériorerait.

Discussion/Conclusion : Les résultats de la présente étude ont montré que les aînés avec une lombalgie chronique avaient un moins bon contrôle postural que les personnes aînées sans lombalgie, indépendamment des conditions expérimentales évaluées (avec et sans stabilisation lombaire). En ce qui concerne l'évaluation des trois conditions expérimentales, une amélioration discrète du contrôle postural a été observée sur une variable du COP (vitesse d'oscillation du COP dans la direction antéro-postérieure) avec l'utilisation de l'orthèse lombosacrée ; alors que l'approche ADIM semblait perturber négativement les mesures du COP. Ces résultats ont des implications cliniques pour la prise en charge en réadaptation gériatrique et la prévention de chutes lors des interventions ciblant la stabilisation lombaire pour minimiser l'impact de la lombalgie chronique sur le contrôle postural des aînés.

Mots clés : Vieillissement, stabilisation lombaire, biomécanique, lombalgie chronique, risques de chutes, réadaptation.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS	ix
DÉDICACES	x
REMERCIEMENTS	xi
AVANT-PROPOS	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	4
ÉTAT DES CONNAISSANCES	4
1.1 PROBLÉMATIQUE DE SANTÉ	4
1.1.1 LOMBALGIE	5
1.1.2 FACTEURS DE RISQUE EXPLIQUANT LA LOMBALGIE	6
1.1.3 STABILITÉ LOMBAIRE	7
1.2 CONTRÔLE POSTURAL	10
1.2.1 DÉFINITION	10
1.2.2 ÉVALUATION	12
1.2.3 MESURES DE CONTRÔLE POSTURAL À PARTIR DE LA PLATEFORME DE FORCE	15
1.3 IMPACT DE LA LOMBALGIE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL	17
1.4 APPROCHES D'INTERVENTION POUR LA STABILITÉ LOMBAIRE	19
1.4.1 APPROCHE CANADIENNE	19
1.4.2 APPROCHE AUSTRALIENNE	20
1.4.3 APPROCHE PAR L'ORTHÈSE LOMBO-SACRÉE	21
1.5 NOUVELLES PISTES DE RECHERCHE	24
CHAPITRE 2	27
OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	27
2.1 OBJECTIF PRINCIPAL	27
2.1.1 HYPOTHÈSE PRINCIPALE	27

2.2 OBJECTIF SECONDAIRE	28
2.2.1 HYPOTHÈSE SECONDAIRE	28
CHAPITRE 3.....	29
Article scientifique pour répondre à la question de recherche incluant la méthodologie et les résultats scientifiques	29
3.1 RÉSUMÉ.....	30
3.2 ABSTRACT	32
3.3 INTRODUCTION	34
3.4 METHODS	35
3.4.1. STUDY DESIGN	35
3.4.2. PARTICIPANTS	36
3.4.3. POSTURAL CONTROL MEASURES	38
3.4.4. CLINICAL MEASURES	39
3.4.5. EXPERIMENTAL PROTOCOL	40
3.4.6 STATISTICAL AND DATA ANALYSIS	41
3.5 RESULTS.....	43
3.6 DISCUSSION	44
3.6.1 CLBP AND LUMBAR STABILIZATION	45
3.6.2. CLINICAL EFFECTS OF LUMBAR STABILIZATION	47
3.6.3 LIMITS OF STUDY	51
3.7 CONCLUSION	52
3.8 REFERENCES	53
3.9 FIGURES	69
3.9 TABLES	73
CHAPITRE 4.....	76
DISCUSSION.....	76

4.1 EFFETS DE LA STABILISATION LOMBAIRE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL DES PERSONNES ÂGÉES.....	77
4.1.1 LSO.....	77
4.1.2 ADIM.....	81
4.2 EFFETS DE LA LOMBALGIE CHRONIQUE NON SPÉCIFIQUE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL DES PERSONNES ÂGÉES.....	86
4.3 LIMITES.....	91
4.4 PERSPECTIVES.....	92
CONCLUSION.....	94
LISTE DE RÉFÉRENCES.....	95
CERTIFICATION ÉTHIQUE.....	120
ANNEXE 1-FORMULAIRE DE CONSENTEMENT.....	121
ANNEXE 2 – APPRENTISSAGE DE L’ADIM.....	129
ANNEXE 3 - QUESTIONNAIRES.....	130

LISTE DES TABLEAUX

TABLE 1: CHARACTERISTICS OF OLDER PARTICIPANTS.....	73
TABLE 2: DISTRIBUTION OF COP PARAMETERS BY GROUPS AND CONDITIONS	74
TABLE 3: COMPARISON OF COP PARAMETERS BETWEEN GROUPS AND CONDITIONS: RESULTS (P-VALUES) OF 2-WAY MANOVA STATISTICAL TESTS AND TUKEY'S POST HOC TEST TO SHOW THE EFFECTS OF GROUP (HEALTHY, CLBP) AND CONDITION (LSO, ADIM)	75

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : TRADUCTION LIBRE DU MODÈLE DE STABILITÉ LOMBAIRE SELON PANJABI EN 2006.....	8
FIGURE 2 : FONCTIONS ET STRATÉGIES DU CONTRÔLE POSTURAL.....	10
FIGURE 3 : A) PLATEFORME DE FORCE UTILISÉE POUR ÉVALUER LES PARAMÈTRES DU COP. B) ET C) REPRÉSENTATION ILLUSTRÉE DES DONNÉES DES PARAMÈTRES COP APRÈS LEUR CONVERSION SOUS FORMAT STYLOGRAPHIQUE.....	17
FIGURE 4: A) ORTHÈSE LOMBO-SACRÉE EXTENSIBLE (ADJUSTABLE BACK BRACE, MUELLER SPORTS MEDICINE, INC., PRAIRIE DU SAC, WI, USA) ET B) ORTHÈSE LOMBO-SACRÉE NON EXTENSIBLE (QUICK DRAW PRO, ASPEN MEDICAL PRODUCTS INC., LONG BEACH, CA, USA).....	22
FIGURE 5 : SUMMARY OF PROCEDURES FROM RECRUITMENT, CLASSIFICATION OF TWO GROUPS, FAMILIARIZATION/TRAINING, RANDOMIZATION, AND EXPERIMENTAL PROTOCOL (NATURAL POSTURE, LSO, AND ADIM.....	69
FIGURE 6 : LUMBAR STABILIZATION METHODS.	70
FIGURE 7 : INSTRUMENT, MEASUREMENTS, AND BALANCE TASKS.....	70
FIGURE 8 : COMPARISON BETWEEN COP MEASUREMENTS AND STABILIZATION (ERROR BARS = STANDARD DEVIATIONS) BASED ON ST POSITION ANALYSIS.....	72

LISTE DES ABRÉVIATIONS

A-COP: ellipse area of COP / aire de l'ellipse du COP
ADIM :abdominal drawing-in maneuver/ manœuvre d'aspiration abdominale
AMP: mean amplitude of COP / Amplitude moyenne du COP
AP: anteroposterior/ antéro-postérieur
CER: Research Ethics Committee/ Comité Éthique de Recherche
CIUSSS-SLSJ : Centre intégré de santé et services sociaux du Saguenay—Lac-Saint-Jean
Cm centimètre
Cm/s: Centimètre par seconde
Cm²: centimètre au carré
COM : center of mass/ centre de masse
COP: center of pressure/ centre de pression
FABQp: Fear-Avoidance Beliefs Questionnaires for physical activities/ Sous-échelle sur l'activité physique du questionnaire sur les croyances de peur-évitement
FABQw: Fear-Avoidance Beliefs Questionnaires for work activities/ Sous-échelle sur le travail du questionnaire sur les croyances de peur-évitement
FRQS Fonds de Recherche Québec-Santé
FUQAC : Fondation de l'Université du Québec à Chicoutimi
Hz: Hertz
IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
Laboratoire de recherche BioNR : Laboratoire de recherche biomécanique et neurophysiologique en réadaptation neuro-musculo-squelettique.
LSO: lumbosacral orthosis/ orthèse lombo-sacrée
MF: mean sway frequency of COP/ fréquence moyenne du COP
M-FES Fr: The validated French version of the Modified-Falls Efficacy Scale/ Version française validée de l'échelle modifiée sur l'efficacité des chutes
ML: mediolateral/ médiolatéral
MMSE: Mini Mental State Examination/ Test de mini mental ou test de Folstein
NPRS: Numeric Pain Rating Scale/ Échelle numérique d'évaluation de la douleur
NIH : National Institutes of Health/Institut national de la santé
PSDrc-UQAC: Programme de soutien au développement de la recherche et de la création de l'Université du Québec à Chicoutimi
REPAR : Réseau provincial de recherche en adaptation-réadaptation
RMDQ : Roland-Morris Disability Questionnaire/ Questionnaire de Roland-Morris
STROBE: Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology
TrA : transversus muscle/ muscle transverse de l'abdomen
UQAC: Université du Québec à Chicoutimi
US: ultrasonography/ ultrasons
VEL: mean sway velocity of COP / Vitesse moyenne du COP

DÉDICACES

À Dieu, maître de l'histoire et du temps !

À mon épouse Carmen TOMAKPLECONOU QUENUM

REMERCIEMENTS

À Dieu,

Qui m'a permis de voir l'aboutissement de cette maîtrise malgré les nombreuses embuches. Merci, Seigneur, de m'avoir permis d'atteindre cet objectif en le bénissant malgré mes fragilités.

À mon épouse **Carmen**,

Merci pour les sacrifices consentis en vue de cet objectif. Tes conseils, ton soutien jamais marchandé et surtout ton amour m'ont porté tout au long de cette formation. Bénie sois-tu !

À + **Lucien d'Assomption** de vénéré et de lumineuse mémoire

Tu n'es plus présent physiquement, mais ta présence se manifeste autrement dans ma vie depuis ta naissance au ciel. Continue de veiller sur nous !

À mes parents **Camille, Paula et Jean-Léon**

Merci pour le soutien, l'attention et vos prières dont je suis l'objet dans la réussite de ce programme de maîtrise. Soyez bénis !

Au Professeur **Rubens da Silva**, mon directeur de mémoire

Mes mots ne suffisent pas à vous exprimer le fond de ma pensée. Recevez tout de même le mot **MERCI** comme expression de ma profonde reconnaissance. Malgré vos nombreuses et multiples occupations et obligations professionnelles, vous m'avez accueilli au sein de votre équipe de recherche où vous avez donné toute votre personne pour me transmettre vos savoirs et partager avec moi votre riche expérience. La personne qui vous a surnommé « la machine » n'avait pas tort. Vous êtes « une machine » du travail bien fait. Votre rigueur scientifique, votre souci du travail bien fait, votre générosité font de vous un enseignant-chercheur remarquable et un modèle pour nous, jeunes générations voulant se faire une place dans le milieu très sélectif et élitiste de la recherche.

Cher Professeur Rubens Alexandre da Silva Jr, veuillez recevoir ma plus grande considération et que Dieu vous bénisse !

À la Professeure **Suzy Ngomo**, ma co-directrice de mémoire

Je vous prie de recevoir également ce simple mot de cinq lettres comme marque de ma gratitude infinie. Au balbutiement du projet de faire une maîtrise en Sciences Cliniques et Biomédicales par mes condisciples (Kossi, Sange, Rodia, Anaïs) et moi-même et que nous étions à la recherche d'une direction de mémoire (chacun ayant choisi un enseignant en fonction de ses domaines de recherche d'intérêt), c'est vous qui vous êtes portée garante comme caution morale auprès de vos collègues de laboratoire. Et pourtant vous ne nous connaissiez pas, mais vous avez cru en notre ambition. Je suis particulièrement très admiratif lorsqu'au moment des collations de grade, lors du défilé des dignitaires, je vous retrouve comme étant la seule femme noire de la plus haute instance dirigeante de l'UQAC. C'est un honneur, mais aussi et surtout une source d'inspiration de voir que les valeurs que vous prônez dont celle du travail bien fait, de la rigueur scientifique, de la franchise et la sincérité dans les relations humaines sont nécessaires pour réussir. Votre exemple montre aux immigrants que par le travail on finit toujours par atteindre les objectifs. Enfin, vous êtes une personne généreuse et vraie. Pour toutes ces qualités et votre précieuse contribution à la science, veuillez recevoir mes hommages respectueux et que Dieu vous bénisse !

Au Professeur **Tommy Chevette** ; aux Professeures et Professeurs du BioNR et plus particulièrement à **Martin Lavallière** et **Louis-David Beaulieu**,

Vos conseils, votre soutien durant les grandes difficultés, votre confiance m'ont aidé durant mon cheminement et m'ont touché positivement et profondément. Gratitude infinie.

À mes amies et amis intimes devenus, mes sœurs et frères, **Sange Bossou, Kossi Ketounou, Maxime Kiki, Anaïs Wotto, Élie Fiogbe, Lionel Falola, Yves Armel Zoungrana, Colins Meli Segning.**

Je vous remercie pour tout ce que nous avons accompli ensemble et qui nous reste à faire. L'amour fraternel qui nous lie est formidable et très bon. Durant mes études, j'ai été gravement et longuement malade et vous ne m'avez pas lâché. Au contraire, vous avez essuyé mes larmes et m'avez permis de m'appuyer sur vous pour avancer. Que Dieu, inspirent nos pas pour que nous puissions trouver notre chemin et qu'Il bénisse nos sacrifices et nos efforts ; Amen !

À Madame la **Docteure, Maria do Carmo C. de Lima,**

Merci, pour ta collaboration, ton amitié, ta générosité et ton esprit d'équipe. Ton passage comme stagiaire postdoctorale au sein du labo en 2022 a été très enrichissant pour nous, les étudiantes et étudiants membres de l'équipe Rubens da Silva. Bénie sois-tu!

À **William Gélinais,**

Merci pour ton aide lors de la collecte des données.

Aux résidences pour aînées : **Manoir Champlain et Résidences Chartwell de Chicoutimi** qui ont acceptés qu'on s'adresse aux bénéficiaires pour leur proposer de participer à ce projet d'étude.

À la **Clinique Universitaire de Physiothérapie et au lab BioNR,**

Merci pour le matériel et les installations.

Aux participantes et participants de l'étude

Merci.

À nos secrétaires départementales notamment **Hélène Duchesne** (que j'appelais affectueusement la bonne fée des étudiants), **Sandra Chagnon** et un clin d'œil à **Roxanne Imbeau** (Accueil au pavillon principal de l'UQAC),

soyez remerciées pour votre soutien technique et administratif tout au long de notre scolarité pour contribuer à la réussite de nos différents projets d'études.

À tout le personnel de la bibliothèque et tout spécialement à **Stéphanie Hamel**, bibliothécaire du département des sciences de la santé,

Soyez remerciés infiniment pour votre précieuse contribution dans la réalisation de nos projets d'étude.

Un remerciement spécial au magnifique personnel du **Service aux Étudiants** et du **Bureau du Registraire** qui font de leur mieux pour aider les étudiantes et étudiants à réaliser leurs projets de vie.

Au **personnel de l'Université du Québec à Chicoutimi**, campus de Chicoutimi,

soyez infiniment remerciés pour votre bon travail qui vient nous soutenir pour l'aboutissement de nos projets de vie.

AVANT-PROPOS

Ce mémoire traite des différences entre les personnes âgées ayant une lombalgie chronique non spécifique et les personnes âgées asymptomatiques par rapport à leur contrôle postural lors des mesures d'équilibre sur une plateforme de force. Notre étude vise à vérifier si les méthodes d'intervention souvent utilisées en physiothérapie pour la stabilisation lombaire lors de la prise en charge de la lombalgie chronique non spécifique ont des effets immédiats sur le contrôle postural lors d'une posture d'équilibre en position debout semi-tandem. Ces méthodes d'intervention sont caractérisées dans la présente étude par : 1) l'orthèse lombosacrée - LSO (passive) et 2) l'exercice appelé *abdominal drawing-in maneuver* - ADIM (active); deux méthodes qui n'ont jamais été testées à titre comparatif chez les personnes âgées pour déterminer leurs effets sur les mesures de contrôle postural et ainsi contribuer à minimiser les risques de chutes. En effet, la présente étude fait partie d'une programmation de recherche plus large, approuvée par le comité d'éthique de la recherche local (CER # 2018-176, 602.605.01), visant à évaluer l'effet de ces deux approches sur 3 étapes différentes. La première étape avait pour objectif de déterminer la validité et la fiabilité du protocole expérimental et des mesures de contrôle postural (Kadri et al., 2021). Une publication de cette étude a été réalisée en 2021:

Kadri, M. A., Violette, M., Dallaire, M., de Oliveira, F. C. L., Lavalliere, M., Ngomo, S., ... da Silva, R. A. (2021). The immediate effect of two lumbar stabilization methods on postural control parameters and their reliability during two balance tasks. *J Man Manip Ther*, 29(4), 235-243. <https://doi.org/10.1080/10669817.2020.1864961>

La deuxième étape du projet a été pour déterminer les effets de ces deux approches chez la population plus jeune avec et sans lombalgie chronique (de Oliveira et al., 2022), avec les résultats publiés en 2022 :

de Oliveira, F. C. L., Lariviere, C., Dallaire, M., Mecheri, H., Ngomo, S., & da Silva, R. A. (2022). Immediate Effect of Lumbosacral Orthosis and Abdominal Drawing-In Maneuver on Postural Control in Adults With Nonspecific Chronic Low Back Pain. *J Manipulative Physiol Ther*, 45(6), 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2022.09.005>

Finalement, la troisième étape du programme de recherche constitue mes études de maîtrise. Elle avait pour but de généraliser ces résultats pour la première fois chez les personnes âgées avec et sans lombalgie chronique. Pour répondre à cet objectif, la synthèse de ce travail de recherche est présenté en format d'un mémoire par article, qui va s'articuler en 4 chapitres. Après une introduction qui plante le contexte et la problématique de la présente étude, le premier chapitre traite l'état des connaissances actuelles dans la littérature scientifique sur le vieillissement, la lombalgie, la stabilisation lombaire et le contrôle postural. Le second chapitre aborde les objectifs et les hypothèses de recherche. Le troisième chapitre présente l'article scientifique dans son ensemble et qui sera soumis pour une publication scientifique, intitulée : « Lumbosacral orthosis can improve postural control in older adults with chronic low back pain ». Enfin, le dernier chapitre confronte nos résultats à la littérature pour en ressortir des explications tangibles à travers la discussion générale qui aboutit sur la conclusion générale.

Tout au long de ce mémoire, l'expression anglaise : « *abdominal drawing-in maneuver* (ADIM) » a été utilisé pour désigner la méthode active de stabilisation lombaire par laquelle on obtient une contraction volontaire du muscle transverse de l'abdomen. Ce terme anglais a été maintenu ainsi dans le texte rédigé en français suivant l'exemple de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Cette institution québécoise a évoqué l'ADIM à travers la mise en place d'une règle de prédiction clinique pour dépister les personnes

atteintes de lombalgie non aiguë qui ont été soumises avec succès à un programme thérapeutique de stabilisation lombaire (Larivière, 2016).

Ce mémoire est le fruit de plusieurs années de recherches après avoir quitté le Bénin (mon pays d'origine) pour le Canada afin d'effectuer ma maîtrise. J'ai participé de bout en bout à la réalisation de cette étape ultime de ce grand projet ainsi qu'à la rédaction et à la vulgarisation des connaissances par la contribution de l'article scientifique (comme premier auteur). Les résultats de cette étude sont originaux et n'ont jamais été présentés ailleurs dans leur totalité jusqu'à présent. L'article intégré dans ce mémoire est en phase de préparation pour une soumission aux fins de publication dans le périodique « [The Spine Journal](#) ». J'en suis son auteur principal et la mise en page de l'article répond aux exigences du décanat des études de l'Université du Québec à Chicoutimi.

Contribution des auteurs

Projet de recherche

Conception : Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Planification, organisation et exécution du projet : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Recrutement des participants : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Analyse des données : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Article

Revue de littérature : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Analyses statistiques : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Élaboration des tableaux, figures et graphiques et traitement des données : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Écriture de la version soumise : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens A. da Silva.

Révision critique de la version soumise : Régis d'Assomption, Suzy Ngomo et Rubens da Silva

Note : Il est possible que d'autres collaborateurs s'ajoutent à la contribution de l'article par la suite en raison de leurs expertises et de leurs implications dans deux premières étapes du projet (ex : Christian Larivière, Hakim Mecheri, Mathieu Dallaire). Toutefois, pour respecter le délai de ma diplomation, l'article dans sa première version par les auteurs initiaux et principaux est présenté aux membres du jury dans le format d'un mémoire par article.

INTRODUCTION

La lombalgie chronique (douleur lombaire d'une durée de plus de 12 semaines) se caractérise par une douleur située au bas du dos pouvant s'irradier vers les membres inférieurs ou non (Airaksinen et al., 2006; Clermont E Dionne et al., 2008). La lombalgie chronique représente un lourd fardeau socio-économique et un problème de santé sur le plan mondial (Agnus Tom et al., 2022; Fouquet & Trehorel, 2024). La douleur lombaire est l'un des problèmes les plus importants rapportés dans les services de santé et de soins engendrant des incapacités physiques et de l'absentéisme au travail chez les individus, incluant les jeunes adultes, les travailleurs et les personnes âgées, retraitées ou non (Paolucci et al., 2019). Dans la littérature sur la lombalgie, la plupart des études scientifiques rapportent ces résultats plus chez les jeunes adultes que chez les personnes âgées (Woolf & Pfleger, 2003). La toute première analyse bibliométrique sur le développement des recherches entre les sujets jeunes et âgés atteints de lombalgie commune au cours des trois dernières décennies prouve cette disparité entre les jeunes et les personnes âgées (D. K. Y. Zheng et al., 2023). Pourtant il existe une prévalence non négligeable pour la population vieillissante et aînée de 65 ans et plus (Kikuchi et al., 2021; Teixeira et al., 2001; C. K. W. Wong et al., 2022).

Le vieillissement est un processus naturel menant à plusieurs changements biologiques. Il est possible que cumulé avec d'autres facteurs de risques, le vieillissement contribue au développement et à l'accroissement de la lombalgie (Spencer L. James et al., 2018). Les changements biologiques en lien avec le vieillissement et souvent associés à la lombalgie sont entre autres ceux qui affectent la force et l'endurance musculaire, la mobilité, la proprioception, la coordination du mouvement, l'équilibre et/ou la stabilité posturale (Lord et al., 2018; Proske & Gandevia, 2012; Sammer & Sammer, 2020). Les études scientifiques ont montré d'ailleurs que la douleur lombaire chronique a un effet délétère sur le contrôle postural (dont l'équilibre fait partie) aussi bien chez les jeunes adultes (Lihavainen et al., 2010; Ruhe et al., 2012) que

chez les personnes âgées (Lihavainen et al., 2010). Chez les personnes âgées vivant avec la lombalgie commune, il a été observé un risque de chutes accrue à la suite de troubles de l'équilibre postural (R. A. da Silva et al., 2016; Ito et al., 2018; Ito et al., 2017; Kuo et al., 2015). Les troubles d'équilibre postural sont classifiés en troisième place en ce qui concerne les causes menant aux chutes (Vieira et al., 2016). Malheureusement, les chutes récurrentes participent à croître le taux de morbidité ainsi que celui de mortalité chez la clientèle aînée (Vaishya & Vaish, 2020). Avec ce scénario, il est impératif de trouver des stratégies pour minimiser ce fardeau en santé. Aussi est-il important de proposer des approches pouvant améliorer le contrôle postural des personnes âgées à partir d'une meilleure stabilisation lombaire.

Dans les dernières années, les chercheurs et/ou cliniciens ont proposés des méthodes cliniques souvent utilisées en physiothérapie pour augmenter la stabilité lombaire dans le but de réduire la douleur au bas du dos, améliorer le contrôle postural et minimiser finalement les incapacités et l'absentéisme au travail chez des travailleurs avec une lombalgie (Mi et al., 2018; Mohaghegh & Hajian, 2021). Les deux méthodes plus connues sont : 1) la méthode de stabilisation par le port de l'orthèse lombo-sacrée (LSO), caractérisée pour une action passive sur le corps (D. J. Lee et al., 2022); et 2) la méthode de stabilisation lombaire par la contraction active du muscle transverse de l'abdomen (TrA) à travers un exercice appelé *abdominal drawing-in maneuver* (ADIM) (Lynders, 2019; Saiklang et al., 2022). Les évidences scientifiques ont montré que la méthode LSO était efficace pour réduire la douleur (Schott et al., 2018), améliorer la stabilité du rachis (Anders & Hübner, 2019; Chung & Kim, 2022; Lariviere et al., 2019) et le contrôle postural du tronc (Azadinia et al., 2023; Chung & Kim, 2022; Mi et al., 2018). Pour ce qui est de la contraction active du transverse, avec l'approche ADIM, des résultats favorables ont montré aussi un effet sur la stabilité lombaire (Akhtar et al., 2017; Lariviere et al., 2019) et le contrôle postural (Mohaghegh & Hajian, 2021; Salavati et al., 2016) chez les adultes jeunes. Quelle que soit la méthode choisie, aucune de ces études n'a ni évalué ni généralisé ces résultats chez les personnes âgées, avec et sans lombalgie chronique. De plus, ces résultats n'ont pas été effectués dans des conditions d'équilibre plus

difficiles comme la posture unipodale et semi-tandem, caractérisant des actions posturales debout dans les activités fonctionnelles de la vie quotidienne qui sont souvent à plus grand risque de chute.

Dans cette nouvelle perspective de recherche, ce mémoire de maîtrise présente une étude originale à partir d'une programmation scientifique sur trois étapes ayant pour but de comprendre les effets cliniques de ces deux méthodes sur les mesures du contrôle postural des personnes âgées avec et sans lombalgie chronique. Tout d'abord, lors de la première étape, nous avons testé la validité et la fidélité des mesures réalisées avec ce nouveau protocole expérimental chez une clientèle jeune en bonne santé (sans lombalgie). Ces résultats publiés en 2021 (Kadri et al., 2021) ont soutenu la continuité du projet vers l'étape #2 dans l'objectif d'évaluer l'utilisation de ces deux méthodes (LSO et ADIM) chez un groupe de jeunes adultes souffrant de lombalgie chronique comparativement à un groupe contrôle. Les résultats de cette étape ont été publiés en 2022 (de Oliveira et al., 2022) et n'ont pas montré l'avantage d'une méthode par rapport à l'autre. Il reste maintenant à démontrer, pour la première fois, les effets de ces deux méthodes de stabilisation lombaire sur les mesures de contrôle postural chez des personnes âgées avec et sans lombalgie chronique. Ceci représentera ainsi à la troisième et ultime étape de ce programme de recherche. L'étude présentée dans ce mémoire révèle alors les résultats de cette troisième étape ; en débutant par l'état des connaissances sur le sujet, les objectifs du projet de mémoire, l'article scientifique pour publication incluant la session de méthodologie, résultats et discussion, et en terminant par une discussion et conclusion générale du mémoire.

CHAPITRE 1

ÉTAT DES CONNAISSANCES

Ce chapitre rapporte l'état des connaissances sur des notions clés des travaux du présent mémoire de maîtrise. Le chapitre se subdivise en cinq sections incluant les notions sur (1) la problématique de santé, (2) le contrôle postural, (3) l'impact de la lombalgie sur le contrôle postural, (4) les approches interventionnelles pour agir sur l'instabilité lombaire et le contrôle postural, et (5) les nouvelles pistes en recherche dans le domaine étudié.

1.1 PROBLÉMATIQUE DE SANTÉ

L'Office québécois de la langue française définit la personne âgée comme une «personne qui se situe dans les dernières grandes périodes de la vie et généralement âgée de 65 ans et plus» (Office québécois de la langue française, 2023). D'un point de vue biologique, le vieillissement est un état qui survient lorsque l'organisme atteint sa maturité, au cours d'un processus irréversible (Lussier & Fadi, 2023). Le temps constitue un déterminant du vieillissement qui à son tour engendre un processus de détérioration (Lussier & Fadi, 2023). En ce qui concerne le vieillissement, le taux estimé des personnes âgées de 65 ans et plus est de 18,8% au Canada et de 20,8% dans la province de Québec (Statistique Canada, 2023). Au Québec, on s'attend à voir la proportion de personnes âgées atteindre 27,4% en 2066, mais une grande partie de cette augmentation sera atteinte d'ici 2031 avec 25,1% (Institut de la statistique du Québec, 2022). Chez les personnes âgées, il y a une augmentation de l'espérance de vie accompagnée du développement des maladies chroniques qui évolue avec l'âge (Agence de la santé publique du Canada, 2020). Au Canada, parmi les cinq premiers problèmes de santé chroniques les plus courants des personnes âgées, la lombalgie chronique occupe la quatrième place après l'arthrite, l'hypertension artérielle et

l'hypercholestérolémie (Statistique Canada, 2021). Ce problème de santé ayant un impact important pour la santé durable de la population en raison de sa prévalence élevée partout au monde sera discuté dans les prochaines sections.

1.1.1 LOMBALGIE

La lombalgie est définie comme une douleur localisée entre la 12^e côte et le pli interfessier pouvant être accompagnée ou non de douleurs irradiantes dans les membres inférieurs (Airaksinen et al., 2006; Clermont E Dionne et al., 2008). Ces douleurs irradiantes aux membres inférieurs peuvent être associées à des symptômes neurologiques (Hartvigsen et al., 2018). Il existe plusieurs classifications des lombalgies. Selon la durée de la douleur, on distingue la lombalgie aiguë dont la douleur dure moins de six semaines; la lombalgie subaiguë dont la douleur est présente entre six semaines et douze semaines et la lombalgie chronique dont la douleur dure depuis au moins douze semaines (Martins et al., 2010; Reddy et al., 2021). Une autre classification est celle de l'étiologie où on distingue deux classes. Lorsque l'origine des douleurs est inconnue comme dans la forte majorité des cas, nous parlons de la lombalgie commune ou non spécifique, souvent d'origine mécanique (Maher et al., 2017). Celle-ci sera explorée dans le présent mémoire de recherche. La seconde catégorie de lombalgie concerne une faible proportion de personnes avec des lombalgies spécifiques avec un mécanisme physiopathologique connu comme une tumeur maligne, une fracture vertébrale, une infection, un trouble inflammatoire, l'ostéoporose ou une polyarthrite rhumatoïde (Hartvigsen et al., 2013; Russo et al., 2018). L'une ou l'autre de ces pathologies peut à elle seule induire un trouble de l'équilibre et constituer un biais dans la présente étude.

Durant cette étude, nous avons utilisé la définition de «The NIH Task Force on Research standards for chronic Low Back Pain» qui donne les critères de chronicité de la lombalgie non spécifique. Ainsi, toute personne atteinte de

lombalgie chronique devrait présenter une douleur pendant au moins la moitié des jours au cours des six derniers mois avec un cumul minimum de trois mois de douleur (Deyo et al., 2015; Massé-Alarie et al., 2022). Les proportions de personnes âgées présentant des maux de dos étaient de 24,5% au Canada et 19,9% au Québec (Statistique Canada, 2021). En 2019, une revue systématique de la littérature a montré que la prévalence de la lombalgie était élevée chez les personnes âgées soit 21,7 à 75% (de Souza et al., 2019). La prévalence au Canada est l'une des plus élevées observée dans les pays développés. Ainsi, selon cette revue systématique (de Souza et al., 2019), en Amérique du Nord, la prévalence de lombalgie était de 75% au Canada (Hartvigsen et al., 2003) et 67% aux États-Unis (Marshall et al., 2017) tandis qu'en Asie on retrouve 39,2% en Chine (Woo et al., 2009) et 32% au Japon (Kobuke et al., 2009). Par contre, en Europe cette prévalence atteint 49% en Suède (Kherad et al., 2017) et 48% en France (Rozenberg et al., 2011). Il convient de noter que la prévalence de la lombalgie chronique va continuer de croître dans les années à venir (Fatoye et al., 2019).

1.1.2 FACTEURS DE RISQUE EXPLIQUANT LA LOMBALGIE

Plusieurs études ont montré la présence des déficits physiques (fatigue ou faiblesse musculaire du tronc), fonctionnels (équilibre, marche) et de contrôle moteur (mauvaise proprioception, diminution de réponse réflexe et sens du mouvement) chez les individus souffrant d'une lombalgie chronique (Biering-Sørensen, 1984; Brumagne et al., 2000; Enthoven et al., 2003; Granata & Gottipati, 2008). En effet, il a été montré qu'une faible endurance des muscles du dos était la cause du problème lombaire (Biering-Sørensen, 1984) ainsi que de la chronicité de la douleur et des incapacités fonctionnelles liées à lombalgie (Enthoven et al., 2003). L'autre effet de la fatigue accrue de ces muscles est la

modification qualitative des fibres musculaires. Il est démontré une proportion plus élevée de fibres de type II et une amyotrophie réciproque des muscles lombaires notamment les multifidus (J. A. Hides et al., 1994; Mannion et al., 2000). Ce manque d'endurance musculaire peut augmenter les déficits neuromusculaires du tronc qui seront à l'origine de mouvements intervertébraux incontrôlés pouvant entraîner l'instabilité lombaire qui à son tour peut induire des blessures conduisant à des douleurs au bas du dos (Granata et al., 2004; Panjabi, 1992a).

Bien que les facteurs psychosociaux puissent contribuer à l'origine du mal (ex. : peur du mouvement et évitement) (Vlaeyen & Linton, 2000), la présente étude se limite aux facteurs physiques pouvant participer directement à la perte de l'équilibre et aux risques de chutes chez les aînés souffrant de lombalgie. Je choisis ici de ne pas aborder les autres facteurs de risque n'étant pas directement lié au sujet que traite le présent mémoire pour ne pas surcharger le lecteur d'informations non pertinentes.

1.1.3 STABILITÉ LOMBAIRE

La stabilité lombaire peut être définie comme la capacité du rachis lombaire à limiter les mouvements sous l'influence de charges physiologiques pour ne pas endommager ni irriter la moelle épinière et les racines nerveuses (Miele et al., 2012; Studnicka & Ampat, 2023). C'est aussi la capacité à prévenir les déformations invalidantes ou les douleurs causées par les changements structurels (Miele et al., 2012; Studnicka & Ampat, 2023). Dans le présent mémoire, nous allons aborder la stabilisation lombaire selon le modèle de Panjabi (Panjabi, 1992a, 1992b).

Ce concept et modèle théorique de stabilisation repose sur un trépied de 3 sous-systèmes interdépendants entre eux. Il s'agit d'un sous-système passif composé du rachis (vertèbres, disque intervertébral, ligaments, mécanorécepteurs), d'un

sous-système actif composé des muscles entourant le rachis et d'un sous-système neural que constitue l'unité de contrôle neuromusculaire. La figure 1 montre les interactions de ces différents sous-systèmes.

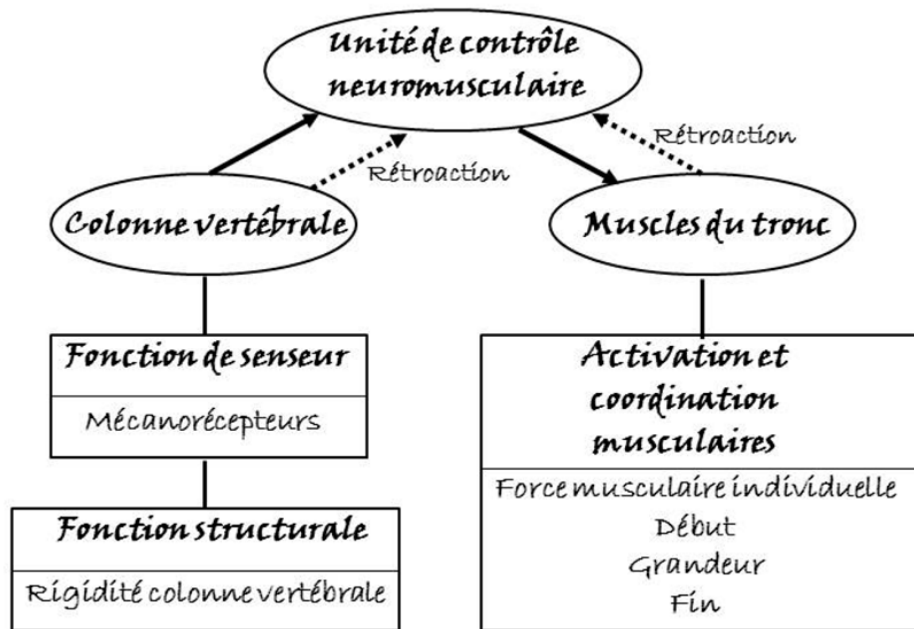


FIGURE 1 : Traduction libre du modèle de stabilité lombaire selon Panjabi en 2006.

Source : Tiré de Larivière et al. (2018, p. 8) avec l'autorisation de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité au travail.

Le sous-système passif assure une double fonction : la fonction de stabilité mécanique assurée par les éléments structurels du rachis et la fonction sensorielle à travers la présence des mécanorécepteurs. Ces derniers envoient des informations sur la posture, les mouvements dans l'espace et le chargement du rachis à l'unité de contrôle du sous-système neural qui intègre ces informations. À son tour, l'unité de contrôle coordonne l'activation des muscles du tronc pour assurer la stabilité mécanique du rachis. Le sous-système actif quant à lui, envoie une rétroaction des muscles à l'unité de contrôle qui se réajuste sans cesse (Larivière et al., 2018; Panjabi, 2006). Lorsqu'au moins un de ces 3 sous-systèmes est déficitaire, cela entraîne une exagération des mouvements

intervertébraux qui peuvent blesser les tissus et entraîner la lombalgie. Ainsi, si le sous-système actif est déficitaire, soit par la faiblesse et/ou une fatigue excessive des muscles spinaux (les abdominaux ou les multifides), soit par la commande neuromusculaire (Panjabi, 2003), alors le sous-système passif va entrer en jeu pour compenser ces déficits. Il s'en suivra une surcharge des articulations et des ligaments (situé aux alentours du déficit) qui vont générer un signal nociceptif. Plusieurs personnes vivant avec la douleur lombaire présentent une atteinte du contrôle neuromusculaire des principaux muscles stabilisateurs (muscle transverse de l'abdomen ou des multifides lombaire) du rachis lombaire (Russo et al., 2018).

Notons qu'il est difficile, voire impossible, de contracter le muscle multifide lombaire de façon volontaire et sélective contrairement au muscle transverse de l'abdomen, qui peut être activé volontairement par une manoeuvre d'aspiration abdominale (Larivière, 2016; Russo et al., 2018). Ainsi, l'utilisation de LSO pourrait jouer un rôle dans le système passif de ce modèle (Larivière et al., 2012), car il peut augmenter la rigidité de la structure locale (Cholewicki, 2004; Cholewicki, Juluru, Radebold, et al., 1999; Cholewicki, McGill, et al., 2010; Cholewicki et al., 2007) et en retour, assurer une meilleure stabilité du rachis lors des différents mouvements. De l'autre côté, la contraction active du muscle transverse de l'abdomen sollicité selon la manoeuvre d'ADIM (Larivière, 2016) peut également à travers ses insertions osseuses intervertébrales agir sur le sous-système actif et ainsi augmenter la stabilité lombaire pour minimiser la surcharge au dos (Barker et al., 2006). Ces deux approches agissant sur le modèle de stabilité lombaire proposée par Panjabi pourraient influencer directement ou indirectement le contrôle postural selon certaines études qui seront discutées dans les prochaines sections de ce mémoire.

1.2 CONTRÔLE POSTURAL

1.2.1 DÉFINITION

Le contrôle postural présenté dans la figure 2 peut-être défini comme la capacité sensori-motrice de notre organisme à maintenir, atteindre ou rétablir un état d'équilibre durant une posture, une activité, un mouvement volontaire comme le passage de la posture assise à debout par exemple, ou encore lors d'une réaction suite à une perturbation externe comme une poussée ou un glissement (Pollock et al., 2000). Le système de contrôle postural repose sur un trépied intercomplémentaire (voir figure 2).

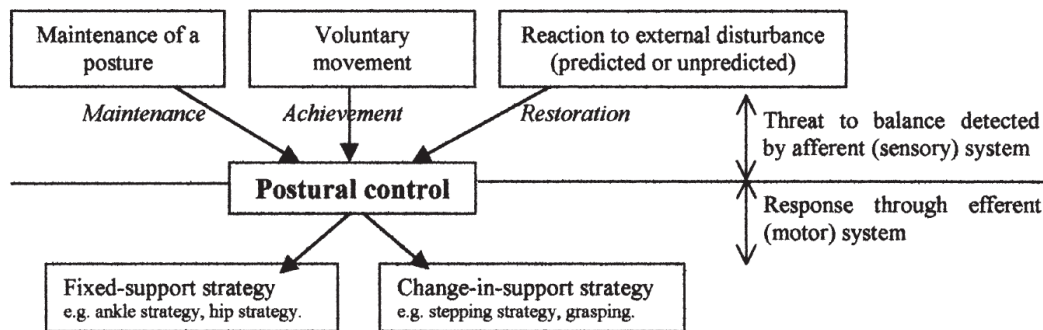


FIGURE 2 : Fonctions et stratégies du contrôle postural.

Source : Tiré de Pollock et al. (2000, p. 405) avec l'autorisation de Sage Publications.

Nous avons les afférences sensorielles provenant des systèmes visuels, vestibulaires et proprioceptifs qui vont donner des renseignements sur l'environnement et ses caractéristiques, sur les mouvements, la posture du corps, la nature des surfaces d'appui au système nerveux central qui évalue et intègre ces différentes informations sensorielles. Ensuite, il planifie et envoie des commandes sensori-motrices au système effecteur composé de muscles qui réalise une posture et/ou un mouvement (Patla et al., 1992).

À la suite d'une perturbation susceptible de déplacer le centre de gravité en dehors de la base d'appui, le contrôle postural utilise soit les stratégies réactives encore appelées ajustements posturaux compensatoires (APC), soit les stratégies prédictives encore appelées ajustements posturaux anticipatoires (APA) ou encore une combinaison de ces deux stratégies (Maki & McIlroy, 1997; Santos et al., 2010a, 2010b). Avant l'exécution d'un mouvement volontaire qui pourrait induire une perturbation intrinsèque de l'équilibre, le système nerveux déclenche par un mécanisme de programmation centrale anticipatoire (feedforward) (Massion, 1992), des APA pour prévenir ou réduire cette perturbation de l'équilibre postural (Santos et al., 2010b; Teyssède et al., 2000). Par contre, les APC sont déclenchés par le système nerveux central par un mécanisme basé sur retour de l'information (feedback) en réaction à une perturbation pour rétablir l'équilibre postural grâce à l'activation musculaire (Kanekar & Aruin, 2014; Santos et al., 2010b).

De façon générale, des études ont montré que si les APA étaient plus sollicités pour maintenir l'équilibre postural alors les stratégies d'APC seraient moins utilisées (Kanekar & Aruin, 2014; Santos et al., 2010b). Chez les personnes âgées atteintes de lombalgie chronique, une étude expérimentale a montré que les APA étaient moins efficaces que les APC qui permettaient de mieux retrouver une stabilité posturale (Garcez et al., 2021). En effet, plusieurs études ont montrés que les personnes âgées ont non seulement un retard dans l'apparition du centre de pression des pieds (COP) lorsqu'on les compare avec les sujets jeunes (Bleuse et al., 2006; Y.-J. Lee et al., 2015) mais encore un retard dans l'activation des muscles posturaux durant les APA (Kanekar & Aruin, 2014; Y.-J. Lee et al., 2015; Skelton & Beyer, 2003) ce qui diminue les APA et qui peuvent être accompagné ou non de l'augmentation de l'activation des muscles posturaux durant les APC (Kanekar & Aruin, 2014). Chez les personnes atteintes de lombalgie chronique, on note également un retard dans l'activation des muscles

érecteurs du rachis (Mehta et al., 2010; Silfies et al., 2009) des muscles abdominaux durant les APA (Knox et al., 2018).

Peu importe la stratégie utilisée, la réponse par mouvement ou activation musculaire se fait suivant deux modalités : soit une réponse par support fixe où l'on a des stratégies d'appui utilisant un balancement au niveau de la cheville, du genou ou de la hanche et du tronc (Duncan et al., 1990; Horak, 1987; Horak & Nashner, 1986), soit une réponse utilisant des stratégies de changement d'appui où le déplacement de la main ou du pied est utilisé (Duncan et al., 1990; Horak, 1987). Ces stratégies sont importantes lors du vieillissement, car en étant plus jeune, la stratégie de contrôle postural la plus utilisée pour restaurer ou maintenir l'équilibre est celle de la cheville (ou bien du genou), alors que chez les personnes âgées, la stratégie utilisée sera celle de la hanche/tronc selon les différentes perturbations du système (Horak & Nashner, 1986; Winter, 1995). Le fait d'étudier les personnes âgées et les méthodes d'intervention pouvant jouer sur les mesures de contrôle postural contribuent dans la construction du savoir sur l'importance des stratégies posturales en différents contextes du mouvement. Pour ce faire, différentes méthodes d'évaluation sont proposées dans la littérature, que nous développerons dans les deux sous-sections suivantes.

1.2.2 ÉVALUATION

En clinique l'évaluation du contrôle postural peut être catégorisée en 3 approches : (1) l'approche basée sur la perception du patient avec des questionnaires autoadministrés; (2) l'approche basée sur une analyse objectivée par un professionnel de santé avec des outils cliniques standardisés; et (3) l'approche basée sur l'analyse des données biomécaniques et/ou dans certains cas neurophysiologiques ou neuromusculaires (Richmond et al., 2021; Vanicek

et al., 2013; Yardley et al., 2004). C'est cette dernière que nous allons développer dans le présent mémoire à partir des équipements à la fine pointe de la technologie permettant de quantifier le contrôle postural et ses mécanismes.

L'approche basée sur l'analyse des données biomécaniques et/ou neurophysiologiques ou neuromusculaires, évalue des signaux biologiques par des mesures et systèmes de pointe exploitant la technologie pour quantifier le contrôle postural et l'équilibre. On distingue les évaluations utilisant :

- (1) des capteurs inertiels où les données recueillies à partir de ces capteurs sont fortement corrélées avec les résultats des tests cliniques qui évaluent l'équilibre postural et ont une meilleure précision que ces tests.(Patel et al., 2020)
- (2) une analyse posturographique dynamique. La posturographie dynamique permet d'obtenir des renseignements précis sur l'oscillation d'avant en arrière et médiolatérale de l'équilibre tout en précisant l'apport moteur et sensoriel pour le maintien du contrôle postural (Vanicek et al., 2013). Ainsi la posturographie dynamique permet d'avoir un aperçu sur le type de trouble d'équilibre ainsi que les compensations fonctionnelles et environnementales (Visser et al., 2008).
- (3) Une analyse posturographique quasi statique qui est celle que nous avons utilisée dans ce mémoire pour évaluer le contrôle postural. En effet en clinique, elle est utilisée pour avoir une mesure objective et quantitative de l'équilibre (Richmond et al., 2021). Cette analyse nécessite que le sujet adopte une posture debout de telle sorte que le centre de masse (COM) ou le centre de pression (COP) reste à l'intérieur de la base d'appui comme établi par Winter (Richmond et al., 2021; Winter, 1995). Le balancement postural est évalué généralement par l'oscillation du centre de pression des pieds (COP) qui est quantifié en temps réel pour déterminer l'état de l'équilibre de

la personne considérant les mouvements dans les directions antéro-postérieure et médio-latérale (Richmond et al., 2021). Le COM correspond au centre de gravité du corps et le centroïde de toute la masse corporelle, tandis que le COP représente un point qui se retrouve être, le barycentre de toutes les forces de réaction du sol appliquées sur les pieds lors d'une posture debout quasi statique (Richmond et al., 2021). L'évaluation du COM et du COP dénotent de l'état d'équilibre ou de déséquilibre du corps lors d'une mesure dans le temps. La mesure du COP est la plus déterminante pour évaluer le contrôle postural, lors des différentes tâches ou conditions d'équilibre du corps, car elle permet de révéler les stratégies posturales à partir des ajustements biomécaniques et neuromusculaires de l'individu (Winter, 1995).

Dans la présente étude, nous avons ainsi choisi l'utilisation du COP et ses paramètres dérivés (ex : amplitude, fréquence et vitesse d'oscillation du COP lors des différentes directions du mouvement) pour quantifier le contrôle postural lors d'une tâche commune d'équilibre en position debout pouvant prédire les risques de chutes.

En général, les tâches d'équilibre font référence à une condition de perturbation sensorielle comme l'occlusion visuelle, la réduction du polygone de sustentation, ou une perturbation externe comme l'application de forces externes, la translation de la plateforme de force entre autres (Kiemel et al., 2011; Noamani et al., 2023; Visser et al., 2008). En effet, les plus petits changements des mesures quantitatives peuvent être soulignés par l'utilisation de la posturographie avec une plateforme de force afin de calculer les oscillations du COP lors d'une tâche d'équilibre à travers différentes conditions expérimentales de l'évaluation (Mancini & Horak, 2010; Visser et al., 2008). Dans le présent mémoire, la posture semi-tandem a été opté (c'est-à-dire, se tenir debout avec les pieds collés et légèrement décalés en antéro-postérieur), car c'est une condition capable de

créer un défi pour la personne évaluée dans le but de bien mesurer les troubles de l'équilibre engendrés ou non par une pathologie, mais aussi c'est une posture qui permet de bien documenter l'effet d'une intervention sur le contrôle postural (Nardone et al., 2006; Richmond et al., 2021). Ainsi la tâche d'équilibre adéquatement choisie pourrait être sensible pour prédire les risques de chute (Piirtola & Era, 2006; Richmond et al., 2021). Dans ce contexte on retrouve de très nombreuses études qui ont utilisé le COP pour évaluer le contrôle postural chez les jeunes adultes (Campolettano et al., 2020; de Oliveira et al., 2022) ainsi que chez les personnes âgées (Arnold et al., 2024; R. A. da Silva et al., 2019; Terra et al., 2020). Lorsqu'on évalue un sujet jeune en bonne santé debout sur ses deux jambes et immobile par la posturographie, on constate qu'il y a une oscillation du COP. Cette oscillation est l'émanation d'un balancement spontané et naturel du corps sous l'action du contrôle postural qui maintient l'équilibre statique de la personne (Maurer & Peterka, 2005). Il existe plusieurs paramètres qualitatifs et quantitatifs qui caractérisent les déplacements du COP (Acharya et al., 2009; Amoud et al., 2007; Collins & De Luca, 1993; Montesinos et al., 2018; Prieto et al., 1996), mais dans le présent mémoire nous ne parlerons que des paramètres linéaires du domaine temporel et fréquentiel dérivés du COP qui seront décrits dans la sous-section suivante (Prieto et al., 1996).

1.2.3 MESURES DE CONTRÔLE POSTURAL À PARTIR DE LA PLATEFORME DE FORCE

La plateforme de force est un outil stationnaire de posturographie quasi statique qui à partir des biomarqueurs d'équilibre dérivés du COP permet d'évaluer l'équilibre debout aussi bien pour les personnes en bonne santé que pour les personnes présentant un ou des déficits neuromusculaires (Noamani et al., 2023). Il existe plusieurs modèles de plateforme de force. Le modèle BIOMECH 400

présenté dans la figure 3A, a été utilisé pour mesurer le centre de pression des pieds (COP). Les paramètres quantitatifs du COP (aire, amplitude, vitesse, fréquence du balancement selon les directions antéro-postérieure et médio-latérale du mouvement qui sont illustrées dans la figure 3B et 3C), ont été utilisés pour évaluer le contrôle postural.

La plateforme de force dispose généralement de quatre capteurs situés aux quatre coins de l'instrument de mesure, qui collectent avec une fréquence de 100Hz les forces de réactions des pieds (COP) qui sont transmises au système d'analyse stabylographique qui compile les données recueillies par les capteurs (R. A. da Silva et al., 2013; Kadri et al., 2020). Notons que les signaux recueillis vont être filtrés par un système Butterworth avec une fréquence de 35Hz puis être convertis en mesures linéaires grâce à l'application MATLAB. La plateforme collecte les données en tout temps dans le sens avant-arrière, de la gauche vers la droite et de haut en bas (R. A. da Silva et al., 2013; Kadri et al., 2020). Les mesures dérivées du COP ont été couramment utilisées dans de nombreuses études pour évaluer l'équilibre postural et les risques de chutes (*Ruhe et al., 2011a*). L'usage des mesures stabylographiques dérivées du COP par la plateforme de force vient pallier aux limites (la variabilité dans l'administration du test, la subjectivité des scores et la sensibilité aux plus petits changements significatifs) des autres tests traditionnels d'évaluations de l'équilibre comme le Berg et/ou les autres tests fonctionnelles (Mancini & Horak, 2010). Quijoux et al., ont réalisé une revue systématique de la littérature avec méta-analyse et ont montré que certains paramètres de la COP notamment la surface de balancement par unité de temps, la vitesse moyenne antéro-postérieure et la vitesse moyenne radiale sont sensibles pour déceler les personnes susceptibles de chuter (Quijoux et al., 2020). D'autres chercheurs ont pu établir la probabilité de chute des patients parkinsoniens à partir des mesures du COP (da *Conceição et al., 2019*). Une étude récente a évalué des données métrologiques des mesures du COP

prélevées à partir de la plateforme de force et a montré que la fiabilité varie globalement de acceptable à excellente (Kadri et al., 2021). Cette fiabilité permet de détecter les changements individuels au sein des groupes expérimentaux (Kadri et al., 2021) de la présente étude et nous permet de faire des recommandations cliniques aux praticiens au terme de ce mémoire.

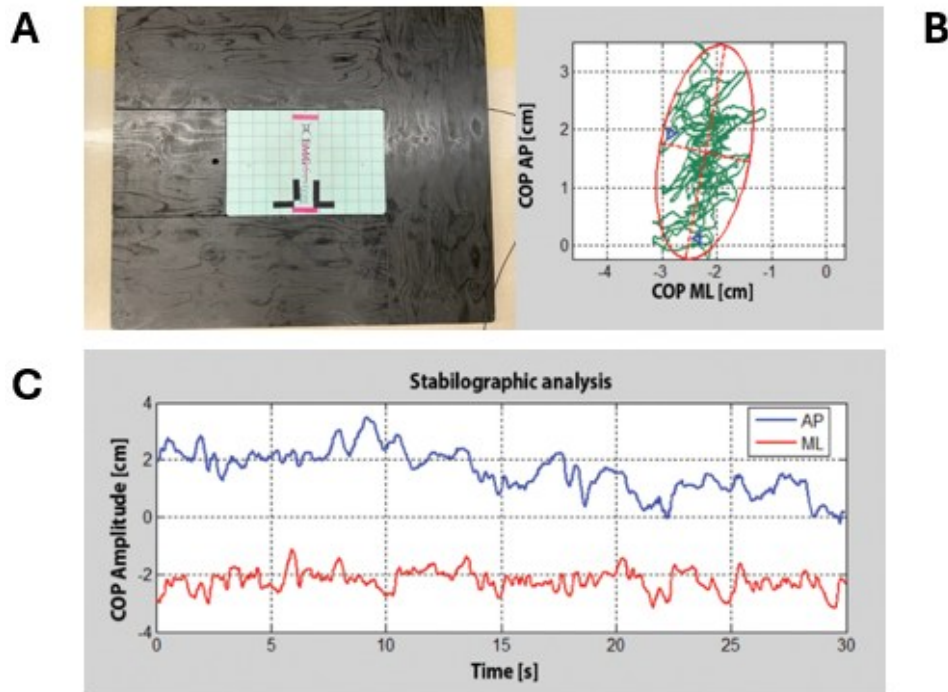


FIGURE 3 : A) Plateforme de force utilisée pour évaluer les paramètres du COP. B) et C) Représentation illustrée des données des paramètres COP après leur conversion sous format stylographique

Source : Régis d'ASSOMPTION, 2022.

1.3 IMPACT DE LA LOMBALGIE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL

De façon générale, on observe une dégradation du contrôle postural chez les personnes vivant avec la lombalgie non spécifique chronique par rapport à des personnes sans lombalgie comme le démontrent plusieurs études (R. A. da Silva et al., 2018; Karimi et al., 2008; Nogueira et al., 2020; Ruhe et al., 2011a; Schelldorfer et al., 2015; Seraj et al., 2019; Yahia et al., 2011). Plusieurs auteurs ont montré que la lombalgie

s'accompagnerait d'une incapacité à utiliser des stratégies musculaires de la hanche et du tronc pour s'équilibrer, d'une réduction des stratégies posturales, d'une difficulté à rétablir l'équilibre postural à la suite d'une perturbation et d'une augmentation des oscillations du COP lors d'une posture au repos (Brumagne et al., 2008; Jones et al., 2012; Mok et al., 2007, 2011a, 2011b; Van Daele et al., 2009).

Une étude expérimentale a montré aussi l'impact de la fatigue musculaire, évaluée à l'aide d'une électromyographie, sur le contrôle postural ainsi que son effet chez les adultes jeunes versus les aînés atteints ou non de lombalgie chronique. Autant chez les personnes jeunes que les personnes âgées, la fatigue musculaire dorsale était plus prononcée chez les personnes vivant avec la lombalgie chronique que celles ne vivant pas avec cette pathologie (R. A. da Silva et al., 2015). Tel que déjà mentionné, le processus de vieillissement naturel entraîne des changements neuromusculaires tels qu'une modification de la composition et de la proportion des fibres musculaires ainsi qu'un ralentissement de l'activation des unités motrices, une faiblesse musculaire, une hypomobilité un déficit du contrôle moteur et de la sédentarité qui sont associées à un déclin du contrôle postural et qui peuvent entraîner des chutes (Avin & Frey Law, 2011; Clermont E. Dionne et al., 2006; Doherty, 2003; Dutta, 1997; Leboeuf-Yde et al., 2009; Melzer et al., 2004; Rogers & Evans, 1993). De plus, l'activation musculaire est significativement diminuée chez les personnes âgées affectant davantage leur équilibre (R. A. da Silva et al., 2019).

Dans l'ensemble, il apparaît que la lombalgie peut avoir un effet sommatore avec le vieillissement et donc influencer les personnes âgées aux troubles de l'équilibre postural persistants et entraîner plus de chutes accidentelles chez cette clientèle que les jeunes adultes. Cependant, il est difficile de prédire si ces troubles de l'équilibre postural sont plutôt associés à la cause du problème (lombalgie) ou plutôt à une conséquence du mal persistant (chronicité de la lombalgie). Par ailleurs, une revue systématique récente a montré que l'intervention bénéfique de traitements conservateurs dans la prise en charge de la lombalgie était associée également à l'amélioration de l'équilibre postural

debout (D. K. Y. Zheng et al., 2024). Il importe donc de se pencher sur cette problématique et de vérifier si les approches d'interventions touchant la stabilité lombaire pourraient aussi bénéficier au contrôle postural des personnes âgées et par conséquent, diminuer les risques de chutes chez cette population dans le but de promouvoir la santé durable.

1.4 APPROCHES D'INTERVENTION POUR LA STABILITÉ LOMBAIRE

Il existe plusieurs approches de stabilisation lombaire en physiothérapie basée aussi bien sur le port d'orthèse que sur des programmes d'exercices et le choix de la meilleure intervention suscite plusieurs controverses dans les débats scientifiques (Larivière, 2016). Il existe deux grandes écoles de pensée (Canadienne et Australienne) basées sur les exercices musculaires dont l'activation se fait par le sujet lui-même constituant la catégorie de méthode active (Larivière, 2016) que nous allons présenter dans ce mémoire avec l'orthèse lombo-sacrée (LSO) comme méthode passive.

1.4.1 APPROCHE CANADIENNE

Il s'agit d'une approche dont son auteur McGill Stuart (de l'Université de Waterloo au Canada) propose un programme d'exercice axé sur le contrôle moteur en s'appuyant sur la proprioception. De façon graduelle, des exercices au sol axés sur la répétition de postures statiques permettront de :

- Entraîner les muscles de la paroi abdominale en conservant la lordose lombaire physiologique permettant ainsi la stabilité de toute la région lombaire (Larivière, 2016).
- Améliorer l'endurance des muscles du tronc. Cela est essentiel parce qu'il a été démontré que le manque d'endurance des muscles spinaux lombaires est

prédictif du premier épisode de lombalgie (Biering-Sørensen, 1984) et d'incapacité liée à la lombalgie dans le temps (Enthoven et al., 2003).

- Réduire l'impact des contraintes sur la colonne vertébrale pour diminuer les risques de blessures et de douleur (Larivière, 2016).

1.4.2 APPROCHE AUSTRALIENNE

Cette approche défendue par J. Hides, P. Hodges et C. Richardson est axée sur le contrôle et la coordination optimale du rachis lombaire en utilisant les principes d'apprentissage moteur. Elle intervient dans un premier temps par la préactivation des muscles profonds du rachis lombaire notamment le muscle transverse de l'abdomen et les muscles multifides lombaires qui sont inhibés à cause de la douleur et n'arrivent plus à effectuer une stabilisation lombaire adéquate. Dans un second temps, lorsque l'entraînement graduel vers des tâches statiques, dynamiques et fonctionnelles des muscles profonds permet une activation musculaire optimale, le même entraînement est orienté vers les muscles superficiels qui permettent principalement de faire les mouvements et accessoirement de stabiliser globalement le rachis lombaire (Larivière, 2016).

Contrairement aux muscles superficiels, ce sont les muscles profonds qui jouent principalement et spécifiquement le rôle de stabilisation lombaire en utilisant les insertions intervertébrales pour assurer une stabilité intersegmentaire (Barker et al., 2006). La contraction sélective du muscle transverse de l'abdomen est obtenue par une technique appelée l'ADIM qui consiste à demander au sujet d'aspirer le nombril vers la colonne vertébrale et vers le muscle diaphragmatique. La palpation, l'ultrason et l'unité de rétroaction de pression sont des méthodes qui permettent un feedback sur l'effectivité de la contraction. La contraction sélective des multifides lombaires est obtenue en procubitus en demandant au sujet de

contracter le bas du dos sans bouger ni le bassin, ni le rachis lombaire (Larivière, 2016).

Dans le présent mémoire, le choix s'est porté sur la contraction du muscle transverse de l'abdomen selon l'approche australienne qui a été utilisée comme méthode de stabilisation lombaire pour tester l'effet immédiat de cette méthode sur le contrôle postural des personnes âgées atteintes ou non de lombalgie chronique.

1.4.3 APPROCHE PAR L'ORTHÈSE LOMBO-SACRÉE

Dans le traitement conservateur des lombalgies, on retrouve également l'orthèse lombo-sacrée (LSO) qui est une méthode passive usuellement utilisée (Jellema et al., 2001; D. J. Lee et al., 2022). Une autre appellation de cette orthèse est la ceinture lombaire. Il en existe deux sortes : LSO rigide et LSO flexible qui est subdivisée en deux sous-catégories à savoir LSO extensible et LSO non extensible (Larivière & Preuss, 2021) qui sont présentées dans la figure 4 (Cholewicki, Lee, et al., 2010). La différence entre ces deux sous-catégories de LSO flexible réside dans le fait que la première est élastique tandis que la seconde ne l'est pas (Larivière & Preuss, 2021). De plus, certains auteurs avaient établi que la LSO non extensible offrait une meilleure pression intra-abdominale et une meilleure rigidité lombaire que la LSO extensible (Cholewicki, Juluru & McGill, 1999; Stokes et al., 2011), mais des études plus récentes ont montré que ces deux orthèses amélioraient de la même façon la proprioception lombaire (Larivière et al., 2015; Ludvig et al., 2019). Ces deux orthèses offrent également un effet similaire sur APA du contrôle postural chez de jeunes adultes avec et sans lombalgie non spécifique (Larivière & Preuss, 2021).

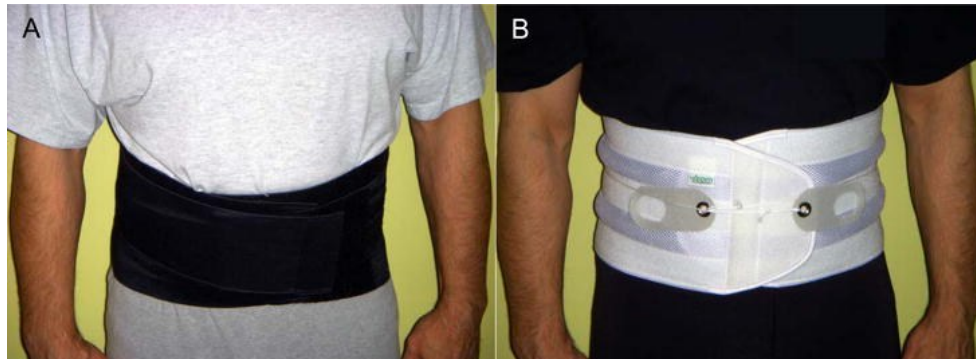


FIGURE 4: A) Orthèse lombo-sacrée extensible (Adjustable Back Brace, Mueller Sports Medicine, Inc., Prairie du Sac, WI, USA) et B) orthèse lombo-sacrée non extensible (Quick Draw Pro, Aspen Medical Products Inc., Long Beach, CA, USA)

Source : Tiré de Cholewicki, Lee, et al. (2010, p. 112) avec la permission de Elsevier.

Les patients préfèrent habituellement utilisée la LSO extensible à cause du confort offert (Newcomer et al., 2001). Bien qu'il s'agisse d'une méthode controversée, il ne demeure pas moins qu'elle réduise l'intensité de la douleur et l'incapacité fonctionnelle comme le démontrent plusieurs études (Azadinia et al., 2017; Calmels et al., 2009; Morrisette et al., 2014). Il existe plusieurs théories qui expliqueraient les mécanismes d'action de LSO. Certains auteurs estiment que le succès de LSO serait dû au fait qu'elle réduirait les mouvements du tronc afin qu'ils soient proches de l'amplitude physiologique permise par la mobilité rachidienne induisant ainsi une diminution de la douleur (Van Poppel et al., 2000). Par contre, d'autres auteurs estiment que LSO ne vient pas limiter les mouvements du tronc, mais plutôt repositionner le rachis lombaire pour prévenir l'exécution de mouvements brusques ou vigoureux réduisant ainsi la douleur (Newcomer et al., 2001). Une autre théorie serait que LSO assure la rigidité passive du tronc en diminuant la co-contraction des muscles du tronc (Cholewicki, McGill, et al., 2010; Cholewicki et al., 2007). Une autre théorie a démontré selon un modèle biomécanique, que le port de LSO réduisait de 1 à 14% de l'activité musculaire du tronc durant diverses tâches d'équilibre tout en conservant la stabilité lombaire (Cholewicki, 2004). Ces chercheurs ont affiné leur théorie et ont

par la suite montré que le port de LSO permettrait de réduire l'activité musculaire du tronc, permettant ainsi que ce niveau d'activité descende en dessous des 5% représentant le seuil de l'action volontaire maximale (Björkstén & Jonsson, 1977) induisant ainsi une réduction de la fatigue musculaire et de ce fait la douleur (Cholewicki et al., 2007).

En intégrant les différents mécanismes décrits précédemment, si on associe le déficit du contrôle postural à des troubles neuromusculaires tel qu'une trop forte co-contraction musculaire, un déficit proprioceptif du rachis lombaire (O'Sullivan et al., 2003; Reeves et al., 2006), on comprend que LSO pourrait avoir des effets sur le contrôle postural (Cholewicki et al., 2007; Newcomer et al., 2001).

En définitive, parmi les différentes écoles de pensée de la stabilisation lombaire que nous avons présentée, l'approche canadienne ne cadre pas avec les objectifs de notre étude parce qu'il propose une intervention qui s'installe sur le moyen / long terme, tandis que l'approche australienne offre la possibilité d'une action instantanée dont les effets immédiats sur le contrôle postural peuvent être évalués. Par rapport à l'orthèse lombo-sacrée, le choix se portera sur la LSO extensible qui offre un meilleur confort que la LSO non extensible (Newcomer et al., 2001). La LSO extensible offre également une bonne rigidité lombaire, une bonne activité de la musculature du tronc (Ludvig et al., 2019) et une bonne proprioception (Boucher et al., 2017). La LSO extensible empêche une mobilité exagérée du rachis (Larivière et al., 2014; Shahvarpour et al., 2018) et permet d'avoir un bon contrôle postural du tronc (Shahvarpour et al., 2019). De plus, une étude montre des résultats encourageants sur l'impact de la LSO extensible sur les APA du contrôle postural chez les adultes jeunes (Larivière & Preuss, 2021).

1.5 NOUVELLES PISTES DE RECHERCHE

Le déficit de contrôle postural constitue l'un des principaux facteurs de risque de chutes (Vieira et al., 2016). Chez les personnes âgées, les chutes représentent une problématique de santé publique majeure dans le monde (Spencer L James et al., 2020; World Health Organization, 2021) entraînant des visites à l'urgence, des hospitalisations, des incapacités, une mauvaise qualité de vie, voire des décès (Agence de la santé publique du Canada, 2022). Des études récentes ont montré qu'une grande mortalité est due aux chutes chez les personnes âgées de plus de 65ans (Elizabeth Burns & Kakara, 2018; Santos-Lozada, 2023). Plusieurs études ont établi un lien entre la lombalgie chronique liée à l'instabilité lombaire (Panjabi, 2003) et le déficit du contrôle postural aussi bien chez les jeunes (Caffaro et al., 2014) que chez les personnes âgées (R. A. da Silva et al., 2016). Les études se sont dirigées vers les recherches de solution pour vérifier si des méthodes en physiothérapie pour corriger l'instabilité lombaire pouvaient également impacter le contrôle postural. En 2019, une étude a comparé les effets de différentes méthodes de stabilisation lombaire (deux interventions actives telles que ADIM et attelle; une intervention passive, LSO) sur la rigidité intrinsèque lombaire (stabilité du rachis lombaire) chez des personnes âgées de 18 à 65 ans. Ces participants ont été soumis à un protocole de perturbation du tronc (Larivière et al., 2015) dans sept conditions expérimentales : (1) minimisation de la contraction des muscles abdominaux qui représentait la condition contrôle (2) ADIM ; (3) attelle à 5% de l'activation maximale du muscle oblique externe (BR5); (4) attelle à 10% de l'activation maximale du muscle oblique externe (BR10); (5) port LSO ; (6) LSO + BR5 ; (7) LSO + BR10. De cette expérimentation (Lariviere et al., 2019), il en ressort que les interventions actives (ADIM et attelles) augmentent de la même façon la rigidité lombaire à condition que l'attelle soit au même niveau d'activation globale que l'ADIM. Lorsque le niveau d'activation de l'attelle est plus élevé, alors la rigidité lombaire est plus forte que celle obtenue avec l'ADIM. La combinaison de LSO et des attelles a montré un effet sur la rigidité lombaire. Cette étude a montré que la combinaison des interventions passive et active peut

augmenter la rigidité lombaire et de fait améliorer la stabilité lombaire (Lariviere et al., 2019).

En 2021, une autre étude a plutôt comparé les effets de deux interventions de stabilisation lombaire (LSO versus ADIM) sur le contrôle postural durant deux tâches d'équilibre (semi-tandem et unipodal) chez de jeunes adultes asymptomatiques. Les paramètres dérivés du COP ont permis d'évaluer le contrôle postural et la fiabilité test-retest a été évalué. Cette étude réalisée pour la première fois chez les adultes jeunes en bonne santé a montré que les effets immédiats de LSO et ADIM étaient similaires et n'ont pas impacté le contrôle postural lors d'une tâche semi tandem et-unipodale (Kadri et al., 2021). Cependant, la fiabilité des mesures du COP dans chacune des conditions expérimentales (sans stabilisation lombaire = condition contrôle; LSO; ADIM) allait d'acceptable à excellente (Kadri et al., 2021), ce qui a encouragé l'équipe de recherche à poursuivre avec les étapes suivantes de l'étude vaste dans le but de généraliser ces résultats chez une clientèle lombalgique et âgée, comme c'est le cas présentement. Ces résultats sur la fiabilité ont permis en plus de valider le protocole expérimental tel que présenté dans le présent mémoire. En 2022, une autre étude (de Oliveira et al., 2022) à partir du même protocole expérimental réalisée par notre équipe a comparé les effets immédiats de LSO et ADIM sur le contrôle postural chez de jeunes adultes souffrant de lombalgie chronique par rapport à des témoins asymptomatiques. Cette étude n'a pas trouvé d'effet des méthodes de stabilisation lombaire sur le contrôle postural autant chez les lombalgiques que les non lombalgiques.

À présent, à partir des résultats finaux de cette programmation s'il est possible de généraliser les résultats obtenus par de Oliveira (2022) chez les personnes âgées. Le présent mémoire couvre cette nouvelle perspective de recherche à partir d'une étude très originale réalisée pour la première fois afin d'établir ou non les bienfaits immédiats de ces deux méthodes de stabilisation lombaire sur les mesures de contrôle postural chez les aînés souffrant ou non d'une lombalgie chronique.

La prochaine section présente les objectifs de ce mémoire tandis que les autres sections abordent les principaux résultats trouvés à partir de cette étude.

CHAPITRE 2

OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Durant cette étude, nous nous sommes penchés sur la question suivante afin de proposer une nouvelle perspective de recherche : quels sont les effets de l'orthèse lombo-sacrée et de la contraction active du muscle transverse de l'abdomen par l'exercice «*abdominal drawing-in maneuver*» (ADIM), sur les mesures du contrôle postural (dérivés du COP) chez les personnes âgées vivant avec la lombalgie chronique ?

2.1 OBJECTIF PRINCIPAL

Évaluer et comparer les effets immédiats de l'orthèse lombo-sacrée et de la contraction active du muscle transverse de l'abdomen via l'«*abdominal drawing-in maneuver*» (ADIM) sur les mesures du contrôle postural chez les personnes âgées vivant avec la lombalgie chronique non spécifique.

2.1.1 HYPOTHÈSE PRINCIPALE

L'hypothèse sous-tend que l'utilisation des méthodes de stabilisation lombaire (LSO et ADIM) devrait être bénéfique de manière égale pour améliorer le contrôle postural des aînés vivant avec de lombalgie chronique non spécifique.

2.2 OBJECTIF SECONDAIRE

Évaluer les différences entre les individus pathologiques et non pathologiques sur les mesures de contrôle postural lors des trois différentes conditions expérimentales (aucune stabilisation lombaire, l'apport d'une ceinture lombaire : LSO, et la contraction active du transverse : ADIM).

2.2.1 HYPOTHÈSE SECONDAIRE

Les personnes âgées présentant de la lombalgie chronique non spécifique présenteraient un moins bon contrôle postural que le groupe contrôle (sans douleur lombaire) à travers les conditions expérimentales évaluées.

CHAPITRE 3

Article scientifique pour répondre à la question de recherche incluant la méthodologie et les résultats scientifiques

Lumbosacral orthosis can improve postural control in older adults with chronic low back pain

Authors:

Régis M.-L. d'Assomption^{a,b}, Suzy Ngomo^{a,b}, Rubens A. da Silva^{a,b,c*}

Affiliations

^a Programme de maîtrise en sciences biomédicales, Département des Sciences de la Santé de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Saguenay, Québec, Canada, G7H 2B1.

^b Laboratoire de recherche BioNR, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Saguenay, Québec, Canada, G7H 2B1.

^c Centre intégré de santé et services sociaux du Saguenay—Lac-Saint-Jean (CIUSSS SLSJ), Specialized Geriatrics Services at La Baie Hospital, Saguenay, Quebec, Canada, G7H 7K9.

*Corresponding Author
Rubens A. da Silva, Ph.D., pht.
Département Sciences de la Santé
Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)
555, boul. de l'Université
Saguenay G7H 2B1
418 545-5011, poste 6123
Email: rubens.dasilva@uqac.ca

Compliance with ethical standards

Conflict of interest No conflicts of interest are declared for any author.

Ethical approval The protocol and the consent form had been previously approved by the Research Ethics Committee of UQAC (#2018-176. 602.605.01)

Informed consent	The participants were informed about the research protocol and the potential risks of the study, and gave written consent before their participation.
Funding:	This project was funded by Programme de soutien au développement de la recherche et de la création (PSDrc) - UQAC and Fondation de l'Université du Québec à Chicoutimi (FUQAC) grants; Réseau provincial de recherche en adaptation-réadaptation (REPAR) - 2020-2021 (objectif stratégique B2 du REPAR (Éliminer les obstacles à l'accès, au maintien et au retour au travail de personnes avec une déficience physique. F.C.L.O. received a postdoctoral fellowship from the Fonds de Recherche Québec-Santé (FRQS).
Acknowledgments:	The authors would like to thank the linguistics professional (Micheline Harvey) for the English revision of this manuscript, as well as all the volunteers for their willingness and participation in this project. The BioNR laboratory and the Clinique Universitaire de Physiothérapie de l'UQAC supporting our study of infrastructure and equipment/apparatus.

3.1 RÉSUMÉ

Contexte : La forte prévalence de la lombalgie chronique chez les personnes âgées démontre l'importance de cette question dans les services de soins de santé. Les personnes âgées vivant avec la lombalgie chronique peuvent signaler une augmentation des problèmes d'équilibre postural et des risques de chute. La lombalgie chronique peut être associée à une instabilité lombaire accrue et à une déficience des muscles du tronc (faiblesse, fatigue, mauvaise proprioception), qui affectent le contrôle postural.

Objectif : Évaluer les effets immédiats de deux méthodes de stabilisation lombaire : l'orthèse lombo-sacrée (LSO) et la manœuvre d'aspiration du muscle transverse de l'abdomen (ADIM), sur les mesures du contrôle postural chez les personnes âgées vivant avec ou sans la lombalgie chronique non spécifique.

Méthode : 57 personnes âgées (32 femmes) réparties en deux groupes : 22 avec une lombalgie chronique et 35 sans lombalgie chronique (groupe contrôle) ont effectué deux essais de 30 secondes d'équilibre en semi-tandem sur une plateforme de force et trois

conditions expérimentales étaient évaluées de manière aléatoire : 1) posture naturelle (sans stabilisation lombaire ; contrôle). 2) orthèse lombo-sacrée (LSO) et 3) manœuvre d'aspiration abdominale (ADIM). Des variables linéaires (amplitude moyenne, zone d'ellipse, vitesse de balancement et fréquence de balancement) dérivées du centre de pression (COP) ont été calculées, et une analyse de variance multiple (2 groupes × 3 conditions) pour des mesures répétées a été calculée pour déterminer les différences significatives sur les variables principales.

Résultats : Aucune interaction groupe × condition n'était significative ($0,15 \leq P \leq 0,75$). Dans les 3 conditions expérimentales, le groupe CLBP a montré un contrôle postural moins bon que le groupe contrôle pour 3/7 paramètres COP. Ces paramètres sont l'amplitude moyenne antéro-postérieure (AMP A/P, cm), l'amplitude moyenne médio-latérale (AMP M/L, cm) et l'aire d'ellipse (A-COP, cm²) ($0,003 \leq P \leq 0,05$). Un effet significatif de la stabilisation lombaire a été signalé dans 3/7 paramètres COP. Il s'agit de l'amplitude moyenne antéro-postérieure (AMP A/P, cm), de l'aire d'ellipse (A-COP, cm²) et de la vitesse de balancement moyenne antéro-postérieure du COP (A/P VEL, cm/s) ($0,001 \leq p \leq 0,02$). ADIM a perturbé le contrôle postural par rapport aux deux autres conditions augmentant les valeurs de COP, tandis que LSO l'a amélioré d'une certaine manière par rapport à la condition contrôle (sans stabilisation lombaire).

Discussion/Conclusion : Les personnes âgées ayant de la CLBP ont un mauvais contrôle postural, ce qui peut augmenter leur risque de chute. Seul le LSO a amélioré le contrôle postural dans les deux groupes pour l'une des principales variables du COP, tandis que l'ADIM n'a pas eu les effets bénéfiques immédiats escomptés. Ces résultats ont des implications pour les personnes âgées atteintes de CLBP qui subissent ces interventions pour réapprendre l'équilibre et prévenir les chutes.

Mots clés : Vieillissement, stabilisation lombaire, réadaptation, colonne vertébrale, douleur, chutes

3.2 ABSTRACT

Background: The high prevalence of chronic low back pain (CLBP) in older adults demonstrates the importance of this issue on healthcare services. Older adults with CLBP can report an increase of postural balance problems and fall risks. CLBP can be associated with increased lumbar instability and trunk muscle impairment (weakness, fatigue, poor proprioception), which in turn affect postural control.

Objective: To evaluate the immediate effects of 2 methods of lumbar stabilization: Lumbosacral orthosis (LSO) and the transverse abdominal muscle aspiration maneuver (ADIM), on postural control measures in older adults with and without nonspecific CLBP.

Method: 57 older adults (32 women) divided into 2 groups: 22 with CLBP and 35 without CLBP (healthy group) performed 2 30-second trials of semi-tandem balance tasks on a force platform, while 3 experimental conditions were randomly assessed: 1) Natural posture (without lumbar stabilization; control). 2) lumbosacral orthosis (LSO) and 3) abdominal drawing-in maneuver (ADIM). Linear variables (mean amplitude, ellipse area, sway velocity and sway frequency) derived from the center of pressure (COP) were computed, and a multiple analysis of variance (groups $\times$ condition) with repeated measures was computed to determine significant differences on main variables.

Results: No group $\times$ condition interactions were significant ($0.15 \leq p \leq 0.75$). In all 3 experimental conditions, the older CLBP group showed worse postural control than the healthy group for 3/7 COP parameters, including anteroposterior mean amplitude, mediolateral mean amplitude and ellipse area of COP ($0.003 \leq p \leq 0.05$). A significant effect of lumbar stabilization was reported in 3/7 COP parameters, including anteroposterior mean amplitude, ellipse area of COP and anteroposterior mean sway velocity of COP ($0.001 \leq p \leq 0.02$). LSO improved postural control by reducing COP sway (mainly for velocity, VEL A/P) along the anteroposterior direction by 13–15% compared

to the reference value; while in contrast, ADIM disrupted it, as evidenced by the increase in COP values.

Conclusion: LSO improved postural control in both groups, while ADIM did not provide any immediate benefits for older adults, with and without CLBP. These results have implications for back pain management in older adults and consequently, fall prevention related to poor postural control.

Key words: Aging, Lumbar stabilization, Rehabilitation, Spine, Pain, Falls

3.3 INTRODUCTION

The prevalence of chronic low back pain (CLBP) in older people (≥ 60 years old) has been reported in numerous studies to range from 21% to 75% (de Souza et al., 2019). Trunk muscle fatigue and weakness can contribute to increasing neuromuscular deficits observed in individuals with CLBP, such as poor proprioception (Brumagne et al., 2008) and impaired muscle coordination (Kienbacher et al., 2015), leading to uncontrolled intervertebral movements and inadequate lumbar stability (Granata & Gottipati, 2008). Reduced proprioception has been shown to result in lumbar instability and deficits in postural balance (S. Luoto et al., 1998), suggesting alterations in postural control in individuals with CLBP, and mainly in older people (R. A. da Silva et al., 2016; Johanson et al., 2011). Furthermore, poor postural control is a predictor of falls in older adults (≥ 60 years old) (Melzer et al., 2004).

Some approaches that could help improve lumbar stability in this population appear to be the use of lumbosacral orthoses (LSO) (Lariviere et al., 2019) and/or activation of the transversus abdominis muscle (Lariviere et al., 2019), often recognized as the abdominal drawing-in maneuver (ADIM). The passive use of LSO is argued to increase lumbar stiffness without increasing lumbar compressing forces (Cholewicki, Juluru, Radebold, et al., 1999) and thus, can somewhat improve postural control. (Mi et al., 2018). Alternatively, co-contraction of the abdominal muscles, achieved by actively contracting the transversus abdominis and internal oblique muscles, enhances lumbar stability through feedforward motor control (Lariviere et al., 2019). This synergistic activation between the transversus abdominis muscle and the posterior fibers of the internal oblique muscle increases the tension of the thoracolumbar fascia, leading to intra-abdominal pressure, which transforms the abdomen into a rigid cylinder, thus increasing lumbar stability (Bojairami & Driscoll, 2022; J. Hides et al., 2006). Consequently, this approach could also improve postural control (Pyykkö et al., 1989).

Two previous studies from our research team compared the effects of these two interventions on postural control in young adults (20 to 45 years old), with and without

CLBP (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021). Firstly, Kadri et al. supported the reliability of COP measurements from our experimental protocol using these two lumbar stabilization approaches (the Intraclass Correlation Coefficient: $ICC \geq 90\%$ and the Standard Error of Measurement: $SEM \leq 10\%$) during two challenging balance tasks (semi-tandem and single-leg stance), which represent the functional activities of daily living (Kadri et al., 2021). Second, Oliveira et al. showed that both intervention approaches do not produce immediate change in postural control performance in CLBP young adults (de Oliveira et al., 2022), although the CLBP group reported poorer postural control than the healthy group. Based on these two studies, our research group would like to know whether these results can be generalized to older people with low back pain. Considering the increase in chronic diseases in this population, among others such as CLBP, and the increased risk of falls due to a lack of good postural control, we predict that a rehabilitation program would have a positive effect on this population. To this end, a new study including this research question could educate clinicians and care managers, as well as the scientific community, on the best practices for this population to improve postural control and reduce the risk of falls. Indeed, can these two approaches be beneficial to improve postural control in older people with CLBP?

Thus, the purpose of this study was to assess the immediate effects of LSO and ADIM on trunk postural control in older people with and without CLBP. Our hypothesis was that both approaches could help postural control performance, with some benefits for LSO over ADIM on the results, as compared to a reference experimental condition (no lumbar stabilization).

3.4 METHODS

3.4.1. STUDY DESIGN

This experimental and comparative study follows a cross-sectional design to study the immediate effects of two clinical interventions used in clinics to improve lumbar

stabilization. This study was conducted following the Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology (STROBE) statement (Vandenbroucke et al., 2014). This study is part of a wider research program (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021); while the last phase was to test these approaches in older adults on a perspective to improve postural control and decrease fall risks.

3.4.2. PARTICIPANTS

A total of 57 individuals aged 65 and over from the Saguenay-Lac-Saint-Jean region in Quebec, Canada, participated in the study. Participants were recruited on a voluntary basis from the University and local community through advertisements in public places and on the BioNR Lab's social media pages. As no study has yet investigated these two intervention approaches in older people simultaneously in the same experimental design, the sample size was estimated based on the values reported for young adults for anteroposterior amplitude during semi-tandem (ST) balance performance with both approaches being compared ($ST_{LSO} = 1.6 \pm 0.4$ cm; $ST_{ADIM} = 1.5 \pm 0.3$ cm). (Kadri et al., 2021) According to the sample size calculation (G*Power 3.1.9.2; $\alpha = 0.05$, power $[1-\beta] = 0.80$) a minimum of 13 participants per group was required for approach comparisons (de Oliveira et al., 2022).

To be eligible for this study, participants had to (1) be older (≥ 65 years old); (2) be able to walk unaided without assistive devices, and (3) be in good cognitive health. The Mini Mental State Examination (MMSE) was utilised to evaluate the participants' cognitive state. A recent study has demonstrated that cognitive status, as measured by the Mini-Mental State Examination (MMSE), does not exert an influence on postural control in older adults (Castilho et al., 2018). The MMSE is a rapid screening test that quantitatively assesses the severity of

cognitive impairment and documents cognitive changes, over time (Tombaugh & McIntyre, 1992). Consequently, in the present study, the MMSE was utilised to ascertain that participants possessed the capacity to adhere to the instructions stipulated in the experimental protocol. The study's participation criterion was a minimum score of 21 on the Mini-Mental State Examination (MMSE), which is indicative of mild cognitive impairment (Bourque, 2015).

Participants were then assigned by convenience to 1 of 2 specific groups according to their health status, as follows: (Group 1 [G1]: Healthy older adults; group 2 [G2]: Older adults with CLBP [>12 weeks]). To be included in the G1, participants had to be free of painful symptoms in the lower back (Numeric Pain Rating Scale [NPRS] ≤ 1). For G2, the inclusion criteria were: To (1) have received a diagnosis of nonspecific CLBP at ≥ 3 months issued by a doctor; (2) have painful symptoms in the low back (NPRS ≥ 2); and (3) have at least a mild disability level associated with the low back pain (Roland-Morris Disability Questionnaire [RMDQ] ≥ 2).

Potential participants were excluded if they had (1) any musculoskeletal injuries at the ankle, knee, or hips in the last two years (2); neuromuscular injury other than CLBP at the time of testing; (3) history of spine or lower limbs musculoskeletal surgery; (4) congenital spine abnormalities such as spondylolysis, spinal fusion (spondylodesis), and ankylosing spondylitis or red flags; (5) systemic disorders that can attack the musculoskeletal, cardiovascular, respiratory, or nervous system (ex: Multiple sclerosis, fibromyalgia,); and (7) be enrolled in physical activity (three days a week) or rehabilitation programs at the time of the study period.

All participants provided informed consent and underwent an assessment during a single session at the Université du Québec à Chicoutimi's (UQAC) physiotherapy clinic. The local Ethics Committee (#2018-176. 602.605.01) approved this study, which complies with the ethical standards of the Tri-Council

Policy Statement (EPTC 2) on Ethical Conduct for Research Involving Humans. Before testing, all participants read and signed the detailed informed consent, including a description of the nature and protocol of the study.

3.4.3. POSTURAL CONTROL MEASURES

Linear analyses measure the quantity of movement with sufficient sensitivity to reflect the dynamic characteristics of COP oscillations (Ladislao & Fioretti, 2007), that are an indirect measure of postural control (Ivanenko & Gurfinkel, 2018). The details of these measures and system for data collection (force platform and signal processing) are detailed in our previous studies (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021). In the present study, the main outcomes were: (1) Mean amplitude (AMP, cm), representing the root mean square of the absolute distance between maximal and minimal COP displacement; (2) ellipse area (A-COP, cm²), meaning the total area covered in the sagittal and frontal planes using an ellipse area at 95% of confidence; and (3) mean sway velocity of COP (VEL, cm/s), representing the sum of the cumulated COP displacement divided by the total time (R. A. da Silva et al., 2016; R. A. da Silva et al., 2018); and mean sway frequency (MF, Hz), representing the number of oscillations per unit of time. These measures were quantified in anteroposterior (A/P) and mediolateral (M/L) directions of movement. The interpretation of COP values depends on the context. For example, a large COP oscillation can sometimes be considered positive. However, when interpreting all COP measurements in this study, note that high values indicate postural imbalance.

3.4.4. CLINICAL MEASURES

Prior to testing, only the individuals with CLBP completed the French versions of the following self-administered questionnaires to obtain a general understanding of their low back status:

- The 11-point Numeric Pain Rating Scale (NPRS) is used to assess pain at the time of evaluation. This tool uses a rating scale ranging from 0 = no pain to 10 = the most intense pain imaginable (Childs et al., 2005; Jensen & McFarland, 1993; Lafond et al., 2009).
- Rolland–Morris disability questionnaire (RMDQ), which assesses the functional disability associated with low back pain. The RMDQ is defined using a scored scale: 0 = no disability to 24 = severe disability (Nusbaum et al., 2001);
- Fear-Avoidance Beliefs Questionnaires for physical activities (FABQp), which is defined by a score range: 0–24 with higher scores meaning more fear (Abreu et al., 2008); while the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaires for work activities (FABQw) is defined by a score range: 0–42; for both conditions (physical activity and work), higher scores indicate greater fear and beliefs (Abreu et al., 2008);
- An approximation was made based on the memory of the participants in the G2 group to find out in a descriptive way how long the older people had been suffering from CLBP.

The following assessments were then administered to all participants in this study:

- The Baecke Physical Activity Questionnaire (BPAQ) assesses habitual physical activity (HPA) over the past 12 months through 16 questions, resulting in four scores: 1) Work index (8 questions); 2) sports index (4

questions); and 3) leisure index (4 questions), as well as the total HPA index (the sum of the three scores). The score for each index was calculated using the codes and formulas provided in the questionnaire appendix (Baecke et al., 1982; Cyma et al., 2018; Florindo & Latorre, 2003).

- The validated French version of the Modified-Falls Efficacy Scale (M-FES Fr) was used to assess fear of falling (Perrot et al., 2018). The M-FES Fr consists of an 11-point response scale (from 0 “not at all confident” to 10 “completely confident”) assessing how confident older adults are to undertake 14 daily activities within the past 12 months. Higher scores reflect more confidence and less fear of falling, while lower scores reflect less confidence and a greater fear of falling (Perrot et al., 2018).

3.4.5. EXPERIMENTAL PROTOCOL

A summary of the procedure of study is displayed in Figure 6.

The experimental protocol began first, with basic anthropometric measures, and participants completed a self-reported sociodemographic and clinical questionnaire. Second, participants were familiarized with the protocol of ADIM performance under submaximal effort. We used a SonoSite M-Turbo ultrasound scanner (M-MSK Ultrasound System; Fujifilm SonoSite Inc. Bothell, Washington) coupled with a 13-6 MHz linear transducer (Eriksson Crommert et al., 2017; Hodges et al., 2003) to provide feedback on the actual contraction of the transversus abdominis muscle during the muscle activation training session (Figure 7B). Third, participants practiced the two experimental conditions (LSO and ADIM) 3-5 times according to a protocol defined by our team's previous studies (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021).

Subsequently, participants performed the three experimental conditions in random order: (1) Natural posture (serving as a control measurement), in which participants were requested to maintain their balance using their natural body balance, without any orthosis or external assistance; (2) wearing LSO (Figure 7A) (passive method) (Kadri et al., 2021); and (3) the wearing of ADIM (described below, Figure 7B) (active method) (Kadri et al., 2021)

For each experimental condition, participants performed 2 trials lasting 30 seconds each (R. A. da Silva et al., 2018; R. A. da Silva et al., 2019), with 30 seconds of rest in between, and were instructed to maintain their semi-tandem balance for as long as possible (Figure 8C), with arms along the body, while looking at a target at eye level, placed at a distance of 2 m (Figure 8A). Participants were allowed to rest for 2 minutes (recommended seated) between conditions to minimize peripheral and central fatigue. The position of the feet was standardized using a tape marker on the force platform (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021). The mean across trials was retained for sub-sample analysis using Data COP excursions (Figure 8B) between 6 seconds and 20 seconds (15 seconds after the first 5 seconds) as in previous studies (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021).

3.4.6 STATISTICAL AND DATA ANALYSIS

All statistical analyses were performed with SPSS Statistics 26 for Windows (IBM Corp, Armonk, NY). The demographic characteristics were compared between groups using an independent t test and the Chi-square test. (Table 1). The Shapiro-Wilk test was used to detect the normal distribution of the COP data from mean data values. Repeated measures MANOVA (multivariate analysis of variance) were applied.

a) to detect immediate changes (expressed by a significant change in COP parameters) in postural control under the influence of experimental interventions: LSO and ADIM

b) to compare groups, conditions, and interactions effects.

Partial eta squared (ηp^2) is a measure of effect size that indicates the magnitude of the effect obtained when differences in (COP) measures were significant ($p < 0.05$). This effect size was also obtained from a multivariate analysis of variance (MANOVA) for conditions, groups, and their interactions (Valentine & Cooper, 2003). Thus, while accounting for the influence of other variables that impact postural control, ηp^2 provided the proportion of variance in COP measurements that was explained by the intervention of lumbar stabilization, by CLBP, and by the interaction between these two variables (FasterCapital, 2024a, 2024b). Depending on the value of ηp^2 , the interpretation of the effect size was as follows: 0.01 indicated a small effect, 0.06 indicated a medium effect, and 0.14 indicated a large effect (Valentine & Cooper, 2003). When a significant difference for the COP parameters was between conditions, a Tukey post hoc test was performed to determine how the conditions compared. When there were significant differences between the 3 conditions, we calculated the effect size. The size effect is a measure that allowed us to improve on our significant results. In fact, this measure showed us the magnitude of the change (Portney, 2020) between the control measurement and the measurement with lumbar stabilization (LSO, ADIM). Thus, according to Cohen's size d effect, we calculated the ratio of the difference between the mean COP measurement of the control condition and that of the lumbar stabilization over the standard deviation of the control condition (Liang et al., 1990; Stratford et al., 1994): d Cohen where classified in 0.2 = small, 0.5 = medium and 0.8 = large effect size (Cohen, 1988; Valentine & Cooper, 2003). Another measure was used to assess the magnitude of change brought

about using lumbar stabilization. This is the clinical difference ($\% \Delta$) based on mean scores between conditions (Portney, 2020).

3.5 RESULTS

Both groups were homogeneous for demographic and anthropometric measures as well as for physical activity level (Table 1). On average, our participants with CLBP experienced moderate pain (NPRS = $5.32 \pm 1.84/10$) and mild to moderate disability (RMDQ = $5.36 \pm 3.80/24$). They also exhibited avoidance behaviour due to fear of physical activity (FABQ-PA = $9.09 \pm 7.58/24$) and work (FABQ-W = $13.00 \pm 12.57/42$). Participants' cognitive status was of 28.94 ± 1.24 in the healthy group versus 28.82 ± 1.56 in the CLBP group. They were confident that they would not fall during activities of daily living (M-FES= 137.81 ± 5.93 for the healthy group versus 133.53 ± 12.47 for the CLBP group). Finally, the average length of low back pain symptoms in months was 125 ± 108 months, suggesting chronic disease.

The comparison of the COP parameters between the two groups (CLBP vs Healthy) from descriptive data is shown in Table 2, as well as the comparison between the three experimental conditions. Overall, the CLBP group reported higher COP values than the healthy group, which suggests poor postural control. LSO apparently reduced the COP values for one main COP parameter related to the VEL A/P variable, suggesting an improvement in postural control for both groups. On the other hand, COP values were higher in the ADIM condition, suggesting a deterioration of postural control during balance performance.

The results of the MANOVA for main comparisons and Tukey's post hoc test (localize the effects on three experimental conditions when significant) are presented in Table 3. First, no interaction ($0.15 \leq p \leq 0.75$) effects were observed between conditions (Control, ADIM, LSO) and groups (CLBP, Healthy). A significant group effect was pointed out for

amplitudes and area ellipse of COP with effect size (given by partial eta squared η_p^2) of 0.02 varying of to 0.05; where CLBP with COP values than control-group.

Significant effects on conditions were observed for 3/7 COP parameters in both groups with effect size (η_p^2) of 0.05 varying of to 0.16. Post hoc analysis revealed an improvement with LSO use on postural control (by decreasing COP values for the VEL A/P variable) compared to control with a Cohen's d of 0.36 and a clinical difference of 13 to 15% as compared to control condition and ADIM, respectively (Figure 9C). Furthermore, a deterioration of postural control was observed with ADIM (higher COP values) as compared to control and LSO mainly for amplitude A/P and area ellipse (A-COP), with a size effect of 0.50 and a clinical difference reaching 23 to 36%, respectively (Figure 9A and 9B).

3.6 DISCUSSION

Our study was designed to determine the immediate effects of two methods of lumbar stabilization (LSO versus ADIM) on measures of postural control in older people with CLBP versus healthy. Our hypothesis was that both LSO and ADIM could be beneficial and consequently, immediately reduce the linear variables of COP sway in older people with CLBP. However, LSO only had certain positive effects (ex.: VEL A/P variable) for this purpose, while ADIM negatively affected the balance performance and increased the COP values in both groups. Expectedly, the CLBP group reported poor postural control compared to the healthy group, but both approaches were compared in both groups.

The results of our study at least supported the use of LSO in older people for an immediate effect on postural control performance. Considering the increase in chronic diseases, among others such as CLBP, and the increased risk of falls due to a lack of good postural control, this approach could have a positive effect within a rehabilitation and/or fall prevention program for older people. Our results have direct implications for

clinical decision-making for older adults with CLBP. These findings provide a valuable contribution to geriatric rehabilitation management.

3.6.1 CLBP AND LUMBAR STABILIZATION

There was no direct interaction between CLBP and lumbar stabilization. In other words, the differences observed between the lumbar stabilization approaches (LSO, ADIM) on postural control are similar in both groups (with and without CLBP). These results are consistent with previous studies by Kadri et al in 2020 and Oliveira et al in 2022, who found that lumbar stabilization and LBP did not interact on postural control (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021) from generalization for both groups of individuals investigated (healthy and CLBP).

However, the results of this study showed that postural control was impaired in older adults living with chronic low back pain across three experimental conditions. This is consistent with some studies reporting deficits in proprioception and balance in people with chronic low back pain (R. A. da Silva et al., 2018; Lariviere et al., 2019; Mi et al., 2018; Ruhe et al., 2011a; Schelldorfer et al., 2015; Yahia et al., 2011). In addition, a recent systematic review with meta-analysis of 13 case-control articles showed that older people with CLBP had a greater postural balance deficit than older people without CLBP (Ge et al., 2021). Regardless of the balance task, good postural control requires the interaction of the sensory and motor systems involved in the action of the central nervous system, which is apparently affected when CLBP is present. (Horak, 2006) All these systems may be affected by pain (Lihavainen et al., 2010). Impairments in any of the elements of the postural control system can cause balance or mobility disorders (Lihavainen et al., 2010) which are strongly correlated with the risk of falling (Pajala et al., 2008).

Several studies have shown that pain has a negative effect on postural balance in both young adults (Ruhe et al., 2011b, 2012) and older adults (Lihavainen et al., 2010). Pain of moderate to severe intensity can further induce balance disorders in older adults during a semi-tandem balance task, as the present study has observed (Lihavainen et al., 2010). Some authors have shown that a reduction in pain is associated with a reduction in postural instability (Ruhe et al., 2012). For example, one study showed the effect of high pain intensity in patients with low back pain on the degradation of postural balance (Sipko & Kuczyński, 2013). In contrast, in acute and sub-acute low back pain, another study showed that trunk postural control deficits were not associated with either pain or fear of movement (W. Sung et al., 2015). The pain-based theory does not account for impaired postural control and does not explain its deterioration. We must use this hypothesis with caution because we did not assess pain longitudinally in the present study. The clinical profile of chronic LBP patients in this study shows moderate pain and few functional limitations. The pain-based theory does not account for impaired postural control and is not sufficient to explain the deterioration in postural control. We must use this hypothesis with caution because we did not assess pain longitudinally in the present study. The clinical profile of chronic LBP patients in this study shows moderate pain and few functional limitations.

The most plausible explanation for the deterioration in postural control in CLBP is biomechanical and neurophysiological, based on both trunk muscle fatigability and proprioception deficits, both of which are associated with chronic low back pain (Alexander & Kinney LaPier, 1998; Brumagne et al., 2008; R. A. da Silva et al., 2018; Tsao et al., 2008). Indeed, chronic low back pain is characterized by a high fatigability of the trunk muscles (R. A. da Silva et al., 2015; Davarian et al., 2012), which favors the occurrence of uncontrolled movements between the lumbar vertebrae, leading to lumbar instability (Granata & Gottipati, 2008; Parreira

et al., 2013), which, combined with a deficit in lumbar proprioception, can lead to postural balance disorders (R. A. da Silva et al., 2018). In addition, more specific studies have shown that with the conditions of aging, proprioception deficits, postural balance deficits, lumbar instability (S. Luoto et al., 1998), and other neuromuscular deficits affect postural control in people with CLBP (R. A. da Silva et al., 2016; Johanson et al., 2011).

3.6.2. CLINICAL EFFECTS OF LUMBAR STABILIZATION

In agreement with our hypotheses, LSO improved postural balance. LSO is a method that passively preserves postural control in older adults while helping to support the lumbar spine. Other studies in the literature support our findings. Mi et al. demonstrated that LSO reduced COP sway velocity (improved postural control) in individuals with and without chronic low back pain when standing on an unstable surface. (Mi et al., 2018). Munoz et al. showed that LSO reduced mean postural displacement by 51% in 11 subjects with chronic low back pain and degenerative lumbar disc disease (Munoz et al., 2010). In the literature, there are several explanations for the positive effect of LSO on postural control.

Proprioceptive dysfunction, which can disrupt postural balance, is common in older adults (Ferlinc et al., 2019). In people with non-specific low back pain, postural control deficit is associated with a delay in trunk muscle reaction times, resulting in a proprioceptive deficit of the trunk in relation to the anteroposterior axis (Cholewicki et al., 2006; McNair & Heine, 1999; Newcomer et al., 2001; Thoumie et al., 1998). The LSO has proven its effectiveness in lumbar spine compression by increasing lumbar stiffness without increasing compression forces (Cholewicki, Juluru, Radebold, et al., 1999). The resulting lumbar rigidity helps to improve lumbar proprioception, which in turn helps to maintain a standing

posture, reducing the COP sway required to project the individual's center of gravity within the support base (Arashanapalli & Wilson, 2008; Brumagne et al., 2004; Leitner et al., 2009; Radebold et al., 2001). According to other researchers, a second explanation is that the mechanism by which LSO improves postural control can be explained by the reduction in trunk muscle co-contractions induced by the orthosis (Morrisette et al., 2014), which increases passive trunk rigidity and reduces trunk muscle activity (Cholewicki et al., 2007), consequently, LSO helps prevent trunk muscle fatigue and associated pain, leading to better postural control (Azadinia et al., 2017).

A third hypothesis to justify the effect of LSO on postural control is based on pain. But this hypothesis needs to be considered with caution, as we did not assess our CLBP participants' pain when wearing LSO. The literature shows that LSO reduces pain, functional disability, and medication consumption (Hagiwara et al., 2017; Claude Hamonet et al., 2008; C. Hamonet et al., 2007). The positive effects of LSO on pain reduction and postural control (Ruhe et al., 2012) can be explained by the nerve fibers that transmit pain affecting the neuromuscular spindle, which in turn reduces proprioception (Ruhe et al., 2011a). By reducing pain, deep positional sensitivity is improved, leading to better proprioception, which in turn reduces COP excursions (Ruhe et al., 2012). However, we must remain cautious with these explanations, because the use of LSO remains controversial in people with chronic low back pain (Dailey et al., 2014).

On the other hand, these results contrast with those of Kadri et al. and Oliveira et al. who found that LSO had no effect on postural control in young adults (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021). Apparently, one effect exists in our sample of older individuals with and without CLBP, showing better balance on this condition when compared to others (LSO is responsible for a 13-15% improvement in postural control, with effect sizes ranging from small to moderate). A group of researchers compared postural control between two groups of adults

with CLBP, one of whom received a conventional physiotherapy treatment while the other group received the same treatment as the first group, combined with the wearing of LSO. Their study showed that LSO significantly improved postural control (Azadinia et al., 2017). In another study, these same authors observed that no change was detected when wearing the LSO on nonlinear COP parameters (Azadinia et al., 2019a). For this reason, it will be important to study the effects of LSO on postural control, taking into account the severity of low back pain symptomatology, COP measurement (linear or non-linear), belt type, task difficulty and lumbar lordosis (de Oliveira et al., 2022; Munoz et al., 2013).

Finally, our results showed that ADIM performed voluntarily with submaximal effort during a semi-tandem posture disturbed postural balance between 23 and 39% in older people with a large effect size. This may be explained by the fact that older people were not accustomed to contracting this muscle, which is often weak in these individuals, resulting in postural control deficits (H. Wang et al., 2022). Despite the time spent training our participants to mobilize their TrA using ADIM, we observed compensatory movements during the evaluation, particularly shoulder shrugging, which may have been responsible for these greater COP excursions and thus a decrease in postural control. In addition, we also observed the presence of co-contraction. This is the co-activation of agonist and antagonist muscles that provides postural stability and makes the spine robust to external perturbations (Bergmark, 1989; Crisco & Panjabi, 1992; Gardner-Morse & Stokes, 2001; Granata et al., 2004). This co-activation of trunk muscles, including the TrA, can be exaggerated when the passive subsystem of postural control is affected. (Stokes et al., 2000) This increased co-contraction, in turn, can lead to an increase in force variability or signal-dependent noise, resulting in postural imbalance, due to significant motor unit recruitment (Reeves et al., 2006).

Another explanation for this perturbation of postural control by ADIM could be the performance of dual tasks, which can increase postural sway (Masood Mazaheri et al., 2010). In our study, we required a 3/10 contraction of ADIM during a semi-tandem balance task. This could be considered a dual task in that we had the performance of a motor activity, such as the semi-tandem posture, coupled with a cognitive action that required the participant to try to maintain a minimal contraction force. The nature and complexity of dual tasks may also influence postural control performance (Xiao et al., 2023). Furthermore, age-related changes in postural control, such as increased postural sway, are exacerbated by cognitive tasks (Melzer et al., 2001). This suggests that the combination of low back pain and dual tasking may exacerbate postural control in older adults.

In the literature, the effects of ADIM remain mixed. Kadri and Oliveira respectively showed that ADIM had no effect on postural control in healthy adult subjects independently, and compared to those with CLBP. These authors, like us, believe that a single ADIM training session is not enough to express a potential effect of this method on postural control. In the literature, several authors have shown an effect of ADIM on postural control with a longer period of TrA training. For example, training the lumbar stabilizers, including the TrA muscle, 5 times a week for 4 weeks reduced COP excursions in the A/P direction in young adults with CLBP. (Rhee et al., 2012). Another study showed that 8 weeks of thoracic stabilizer training in university students improved postural control (Toprak Çelenay & Özer Kaya, 2017). These results can be understood by the fact that the abdominal TrA works in synergy with the posterior fibers of the internal oblique muscle to increase tension in the thoracolumbar fascia, causing an increase in intra-abdominal pressure and transforming the abdomen into a rigid cylinder, which through upward motor control, improves lumbar stability (Bojairami & Driscoll, 2022; J. Hides et al., 2006; Lariviere et al., 2019), in turn improving postural control (Pyykkö et al., 1989).

Thus, considering our current data, in older adults with or without CLBP, LSO appears to be a tangible way to improve postural balance in the immediate term. Further studies are needed to explore how LSO can be applied. ADIM had a detrimental effect on postural control in both affected subjects, with and without CLBP. Our levels of pain and functional disability were quite low, which could justify the low impact of the pathology on our participants' balance performance and neuromuscular deficits (de Oliveira et al., 2022).

3.6.3 LIMITS OF STUDY

In the current cohort, pain and functional disability levels were not sufficiently pronounced to discern a differential effect of lumbar stabilization between the two experimental groups. In general, subjects demonstrated a reasonable degree of confidence in their ability to avoid falls. For safety reasons, the unipodal task was not included in the study. This task is considered more difficult than the semi-tandem task and may reveal more significant changes in postural balance. The relative importance of these clinical parameters, as well as their potentially more significant impact on postural balance, remain to be clarified. Despite the time spent teaching ADIM to participants, a pre-existing TrA muscle deficit prevented older adults from using this muscle effectively. A more comprehensive training program, such as TrA, might have yielded convincing results, but it would not have allowed us to assess the immediate effects of ADIM.

In this study, it was not possible to further explore the relationship between chronic low back pain and postural control. This limitation was a direct consequence of the study's specific design. Future longitudinal studies could provide additional information on the results reported herein.

3.7 CONCLUSION

CLBP negatively affects postural control, which can increase the risk of falls in older people. LSO immediately improves postural control in older adults with and without CLBP, while ADIM disrupts it. This passive approach can thus be an alternative to a rehabilitation program for CLBP disorders and balance problems in a geriatric context.

3.8 REFERENCES

Abreu, A., Faria, C., Cardoso, S., & Teixeira-Salmela, L. (2008). Versão brasileira do Fear Avoidance Beliefs Questionnaire. *Cadernos De Saude Publica - CAD SAUDE PUBLICA*, 24. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008000300015>

Alexander, K. M., & Kinney LaPier, T. L. (1998). Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 28(6), 378-383.

Arashanapalli, M., & Wilson, S. (2008). Paraspinal muscle vibration alters dynamic motion of the trunk.

Azadinia, F., Ebrahimi-Takamjani, I., Kamyab, M., Asgari, M., & Parnianpour, M. (2019). Effects of lumbosacral orthosis on dynamical structure of center of pressure fluctuations in patients with non-specific chronic low back pain: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*, 23(4), 930-936. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.014>

Azadinia, F., Ebrahimi-Takamjani, I., Kamyab, M., Parnianpour, M., & Asgari, M. (2017). A RCT comparing lumbosacral orthosis to routine physical therapy on postural stability in patients with chronic low back pain. *Med J Islam Repub Iran*, 31, 26. <https://doi.org/10.18869/mjiri.31.26>

Baecke, J. A., Burema, J., & Frijters, J. E. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr*, 36(5), 936-942. <https://doi.org/10.1093/ajcn/36.5.936>

Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl*, 230, 1-54. <https://doi.org/10.3109/17453678909154177>

Bojairami, I. E., & Driscoll, M. (2022). Coordination Between Trunk Muscles, Thoracolumbar Fascia, and Intra-Abdominal Pressure Toward Static Spine Stability. *Spine*, 47(9), E423-E431. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000004223>

Bourque, M. (2015). Guide d'administration et de cotation du MMSE (Mini-Mental State Examination) de Folstein ou MEEM (Mini-Examen de l'État Mental). <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2467475>

Brumagne, S., Cordo, P., & Verschueren, S. (2004). Proprioceptive weighting changes in persons with low back pain and elderly persons during upright standing. *Neuroscience letters*, 366(1), 63-66.

Brumagne, S., Janssens, L., Knapen, S., Claeys, K., & Suuden-Johanson, E. (2008). Persons with recurrent low back pain exhibit a rigid postural control strategy. *European Spine Journal*, 17, 1177-1184.

Castilho, A. R., de Oliveira, M. r. R. r., Fabrin, L. F., de Souza, P. A., da Silva, R. S., & da Silva, R. A. (2018). Influence of cognitive mental state on postural balance of older people / Influência do Estado Mental Cognitivo no Equilíbrio Postural de Idosos. <https://constellation.uqac.ca/id/eprint/5100/>

Childs, J. D., Piva, S. R., & Fritz, J. M. (2005). Responsiveness of the numeric pain rating scale in patients with low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 30(11), 1331-1334.
<https://doi.org/10.1097/01.brs.0000164099.92112.29>

Cholewicki, J., Juluru, K., Radebold, A., Panjabi, M. M., & McGill, S. M. (1999). Lumbar spine stability can be augmented with an abdominal belt and/or increased intra-abdominal pressure. *Eur Spine J*, 8(5), 388-395.
<https://doi.org/10.1007/s005860050192>

Cholewicki, J., Reeves, N. P., Everding, V. Q., & Morrisette, D. C. (2007). Lumbosacral orthoses reduce trunk muscle activity in a postural control task. *J Biomech*, 40(8), 1731-1736. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.08.005>

Cholewicki, J., Shah, K. R., & McGill, K. C. (2006). The effects of a 3-week use of lumbosacral orthoses on proprioception in the lumbar spine. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(4), 225-231.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed). Lawrence Erlbaum.

Crisco, J. J., 3rd, & Panjabi, M. M. (1992). Euler stability of the human ligamentous lumbar spine. Part I: Theory. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 7(1), 19-26.
[https://doi.org/10.1016/0268-0033\(92\)90003-m](https://doi.org/10.1016/0268-0033(92)90003-m)

Cyma, M., Marciniak, K., Tomczak, M., & Stemplewski, R. (2018). Postural stability and physical activity of workers working at height. *American journal of men's health*, 12(4), 1068-1073.

da Silva, R. A., Vieira, E. R., Cabrera, M., Altimari, L. R., Aguiar, A. F., Nowotny, A. H., ... Oliveira, M. R. (2015). Back muscle fatigue of younger and older adults with and without chronic low back pain using two protocols: a case-control study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(6), 928-936.

da Silva, R. A., Vieira, E. R., Carvalho, C. E., Oliveira, M. R., Amorim, C. F., & Neto, E. N. (2016). Age-related differences on low back pain and postural control during one-leg stance: a case-control study. *Eur Spine J*, 25(4), 1251-1257.
<https://doi.org/10.1007/s00586-015-4255-9>

da Silva, R. A., Vieira, E. R., Fernandes, K. B. P., Andraus, R. A., Oliveira, M. R., Sturion, L. A., & Calderon, M. G. (2018). People with chronic low back pain have poorer balance than controls in challenging tasks. *Disabil Rehabil*, 40(11), 1294-1300.
<https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1294627>

da Silva, R. A., Vieira, E. R., Léonard, G., Beaulieu, L.-D., Ngomo, S., Nowotny, A. H., & Amorim, C. F. (2019). Age- and low back pain-related differences in trunk muscle activation during one-legged stance balance task. *Gait & Posture*, 69, 25-30.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.016>

Dailey, A. T., Ghogawala, Z., Choudhri, T. F., Watters, W. C., 3rd, Resnick, D. K., Sharan, A., ... Kaiser, M. G. (2014). Guideline update for the performance of fusion

procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 14: brace therapy as an adjunct to or substitute for lumbar fusion. *J Neurosurg Spine*, 21(1), 91-101. <https://doi.org/10.3171/2014.4.Spine14282>

Davarian, S., Maroufi, N., Ebrahimi, I., Farahmand, F., & Parnianpour, M. (2012). Trunk muscles strength and endurance in chronic low back pain patients with and without clinical instability. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 25(2), 123-129.

de Oliveira, F. C. L., Lariviere, C., Dallaire, M., Mecheri, H., Ngomo, S., & da Silva, R. A. (2022). Immediate Effect of Lumbosacral Orthosis and Abdominal Drawing-In Maneuver on Postural Control in Adults With Nonspecific Chronic Low Back Pain. *J Manipulative Physiol Ther*, 45(6), 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2022.09.005>

de Souza, I. M. B., Sakaguchi, T. F., Yuan, S. L. K., Matsutani, L. A., do Espírito-Santo, A. S., Pereira, C. A. B., & Marques, A. P. (2019). Prevalence of low back pain in the elderly population: a systematic review. *Clinics (Sao Paulo)*, 74, e789. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e789>

Eriksson Crommert, M., Unsgaard-Tøndel, M., & Vasseljen, O. (2017). Can Sonography Be Used to Estimate Deep Abdominal Muscle Activation in Different Static Arm Positions While Standing? *J Ultrasound Med*, 36(1), 129-139. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.12057>

FasterCapital. (2024a, 10 jun). *Effect Size: Measuring ANOVA's Practical Importance*. Repéré le 29 jun à <https://fastercapital.com/content/Effect-Size--Measuring-ANOVA-s-Practical-Importance.html>

FasterCapital. (2024b, 6 jun). *Effect size: Measuring the Magnitude of Two Way ANOVA Effects*. Repéré le 29 jun à <https://fastercapital.com/content/Effect-size--Measuring-the-Magnitude-of-Two-Way-ANOVA-Effects.html>

Ferlinc, A., Fabiani, E., Velnar, T., & Gradisnik, L. (2019). The importance and role of proprioception in the elderly: a short review. *Materia socio-medica*, 31(3), 219.

Florindo, A. A., & Latorre, M. d. R. D. d. O. (2003). Validation and reliability of the Baecke questionnaire for the evaluation of habitual physical activity in adult men. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 9, 129-135.

Gardner-Morse, M. G., & Stokes, I. A. (2001). Trunk stiffness increases with steady-state effort. *J Biomech*, 34(4), 457-463. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00226-8](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00226-8)

Ge, L., Wang, C., Zhou, H., Yu, Q., & Li, X. (2021). Effects of low back pain on balance performance in elderly people: a systematic review and meta-analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s11556-021-00263-z>

Granata, K. P., & Gottipati, P. (2008). Fatigue influences the dynamic stability of the torso. *Ergonomics*, 51(8), 1258-1271. <https://doi.org/10.1080/00140130802030722>

Granata, K. P., Slota, G. P., & Wilson, S. E. (2004). Influence of fatigue in neuromuscular control of spinal stability. *Hum Factors*, 46(1), 81-91.
<https://doi.org/10.1518/hfes.46.1.81.30391>

Hagiwara, Y., Yabe, Y., Yamada, H., Watanabe, T., Kanazawa, K., Koide, M., ... Itoi, E. (2017). Effects of a wearable type lumbosacral support for low back pain among hospital workers: A randomized controlled trial. *J Occup Health*, 59(2), 201-209.
<https://doi.org/10.1539/joh.16-0203-OA>

Hamonet, C., Calmels, P., Thoumie, P., Avouac, B., Pen, C. I., Maurel, F., ... Queneau, P. (2008). La ceinture lombaire (Lombacross activity) plus efficace que le médicament. Résultats d'une étude randomisée multicentrique avec suivi sur trois mois. *Journal of Magnetic Resonance*, 28, 48-52.

Hamonet, C., Deye, M., & Staub, H. (2007). Mal de dos et ceinture lombo abdomino pelvienne : résultats d'une enquête auprès de 108 personnes. *Journal de Réadaptation Médicale : Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation*, 27(2), 69-70. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0242-648X\(07\)78381-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0242-648X(07)78381-0)

Hides, J., Wilson, S., Stanton, W., McMahon, S., Keto, H., McMahon, K., ... Richardson, C. (2006). An MRI Investigation Into the Function of the Transversus Abdominis Muscle During “Drawing-In” of the Abdominal Wall. *Spine*, 31(6).
https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/2006/03150/An_MRI_Investigation_Into_the_Function_of_the.22.aspx

Hodges, P. W., Pengel, L. H., Herbert, R. D., & Gandevia, S. C. (2003). Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve*, 27(6), 682-692. <https://doi.org/10.1002/mus.10375>

Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*, 35 Suppl 2, ii7-ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>

Ivanenko, Y., & Gurfinkel, V. S. (2018). Human Postural Control. *Frontiers in Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00171>

Jensen, M. P., & McFarland, C. A. (1993). Increasing the reliability and validity of pain intensity measurement in chronic pain patients. *Pain*, 55(2), 195-203. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90148-i](https://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90148-i)

Johanson, E., Brumagne, S., Janssens, L., Pijnenburg, M., Claeys, K., & Pääsuke, M. (2011). The effect of acute back muscle fatigue on postural control strategy in people with and without recurrent low back pain. *Eur Spine J*, 20(12), 2152-2159. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1825-3>

Kadri, M. A., Violette, M., Dallaire, M., de Oliveira, F. C. L., Lavalliere, M., Ngomo, S., ... da Silva, R. A. (2021). The immediate effect of two lumbar stabilization methods on postural control parameters and their reliability during two balance tasks. *J Man Manip Ther*, 29(4), 235-243. <https://doi.org/10.1080/10669817.2020.1864961>

Kienbacher, T., Paul, B., Habenicht, R., Starek, C., Wolf, M., Kollmitzer, J., ... Ebenbichler, G. (2015). Age and gender related neuromuscular changes in trunk flexion-extension. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-12-3>

Ladislao, L., & Fioretti, S. (2007). Nonlinear analysis of posturographic data. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 45(7), 679-688. <https://doi.org/10.1007/s11517-007-0213-y>

Lafond, D., Champagne, A., Descarreaux, M., Dubois, J.-D., Prado, J. M., & Duarte, M. (2009). Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait & posture*, 29(3), 421-427.

Lariviere, C., Boucher, J. A., Mecheri, H., & Ludvig, D. (2019). Maintaining Lumbar Spine Stability: A Study of the Specific and Combined Effects of Abdominal Activation and Lumbosacral Orthosis on Lumbar Intrinsic Stiffness. *J Orthop Sports Phys Ther*, 49(4), 262-271. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8565>

Leitner, C., Mair, P., Paul, B., Wick, F., Mittermaier, C., Sycha, T., & Ebenbichler, G. (2009). Reliability of posturographic measurements in the assessment of impaired sensorimotor function in chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(3), 380-390.

Liang, M. H., Fossel, A. H., & Larson, M. G. (1990). Comparisons of Five Health Status Instruments for Orthopedic Evaluation. *Medical Care*, 28(7), 632-642.

Lihavainen, K., Sipilä, S., Rantanen, T., Sihvonen, S., Sulkava, R., & Hartikainen, S. (2010). Contribution of Musculoskeletal Pain to Postural Balance in Community-Dwelling People Aged 75 Years and Older. *The Journals of Gerontology: Series A*, 65A(9), 990-996. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq052>

Luoto, S., Aalto, H., Taimela, S., Hurri, H., Pyykkö, I., & Alaranta, H. (1998). One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*, 23(19), 2081-2089; discussion 2089-2090. <https://doi.org/10.1097/00007632-199810010-00008>

Mazaheri, M., Salavati, M., Negahban, H., Sanjari, M. A., & Parnianpour, M. (2010). Postural sway in low back pain: Effects of dual tasks. *Gait & Posture*, 31(1), 116-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.009>

McNair, P. J., & Heine, P. J. (1999). Trunk proprioception: enhancement through lumbar bracing. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80(1), 96-99.

Melzer, I., Benjuya, N., & Kaplanski, J. (2001). Age-Related Changes of Postural Control: Effect of Cognitive Tasks. *Gerontology*, 47(4), 189-194. <https://doi.org/10.1159/000052797>

Melzer, I., Benjuya, N., & Kaplanski, J. (2004). Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing*, 33(6), 602-607. <https://doi.org/10.1093/ageing/afh218>

Mi, J., Ye, J., Zhao, X., & Zhao, J. (2018). Effects of lumbosacral orthoses on postural control in individuals with or without non-specific low back pain. *Eur Spine J*, 27(1), 180-186. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5355-5>

Morrisette, D. C., Cholewicki, J., Logan, S., Seif, G., & McGowan, S. (2014). A randomized clinical trial comparing extensible and inextensible lumbosacral orthoses and standard care alone in the management of lower back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 39(21), 1733-1742. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000000521>

Munoz, F., Rouboa, A. I., & Rougier, P. R. (2013). The balance control effects on sitting posture induced by lumbosacral orthosis wear vary depending on the level of stability. *Applied Ergonomics*, 44(4), 511-516. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.11.002>

Munoz, F., Salmochi, J. F., Faouen, P., & Rougier, P. (2010). Low back pain sufferers: is standing postural balance facilitated by a lordotic lumbar brace? *Orthop Traumatol Surg Res*, 96(4), 362-366. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.01.003>

Newcomer, K., Laskowski, E. R., Yu, B., Johnson, J. C., & An, K.-N. (2001). The effects of a lumbar support on repositioning error in subjects with low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(7), 906-910. <https://doi.org/https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23281>

Nusbaum, L., Natour, J., Ferraz, M. B., & Goldenberg, J. (2001). Translation, adaptation and validation of the Roland-Morris questionnaire--Brazil Roland-Morris. *Braz J Med Biol Res*, 34(2), 203-210. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2001000200007>

Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Törmäkangas, T., & Rantanen, T. (2008). Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-dwelling women aged 63-76 years. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63(2), 171-178. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.2.171>

Parreira, R. B., Amorim, C. F., Gil, A. W., Teixeira, D. C., Bilodeau, M., & da Silva, R. A. (2013). Effect of trunk extensor fatigue on the postural balance of elderly and young adults during unipodal task. *European Journal of Applied Physiology*, 113(8), 1989-1996. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2627-6>

Perrot, A., Castanier, C., Maillot, P., & Zitari, H. (2018). French validation of the modified-falls efficacy scale (M-FES Fr). *Archives of gerontology and geriatrics*, 78, 233-239.

Portney, L. G. (2020). *Foundations of clinical research : applications to evidence-based practice* (Fourth edition). F.A. Davis Company. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2344953>

Pyykkö, I., Aalto, H., Seidel, H., & Starck, J. (1989). Hierarchy of Different Muscles in Postural Control. *Acta Oto-Laryngologica*, 108(sup468), 175-180. <https://doi.org/10.3109/00016488909139041>

Radebold, A., Cholewicki, J., Polzhofer, G. K., & Greene, H. S. (2001). Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*, 26(7), 724-730.

Reeves, N. P., Everding, V. Q., Cholewicki, J., & Morrisette, D. C. (2006). The effects of trunk stiffness on postural control during unstable seated balance. *Exp Brain Res*, 174(4), 694-700. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0516-5>

Rhee, H. S., Kim, Y. H., & Sung, P. S. (2012). A randomized controlled trial to determine the effect of spinal stabilization exercise intervention based on pain level and standing balance differences in patients with low back pain. *Med Sci Monit*, 18(3), CR174-181. <https://doi.org/10.12659/msm.882522>

Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2011a). Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: a systematic review of the literature. *Eur Spine J*, 20(3), 358-368. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1543-2>

Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2011b). Is there a relationship between pain intensity and postural sway in patients with non-specific low back pain? *BMC Musculoskelet Disord*, 12, 162. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-162>

Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2012). Pain relief is associated with decreasing postural sway in patients with non-specific low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*, 13, 39. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-39>

Schelldorfer, S., Ernst, M. J., Rast, F. M., Bauer, C. M., Meichtry, A., & Kool, J. (2015). Low back pain and postural control, effects of task difficulty on centre of pressure and

spinal kinematics. *Gait Posture*, 41(1), 112-118.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.09.004>

Sipko, T., & Kuczyński, M. (2013). The effect of chronic pain intensity on the stability limits in patients with low back pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 36(9), 612-618.

Stokes, I. A., Gardner-Morse, M., Henry, S. M., & Badger, G. J. (2000). Decrease in trunk muscular response to perturbation with preactivation of lumbar spinal musculature. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(15), 1957-1964. <https://doi.org/10.1097/00007632-200008010-00015>

Stratford, P. W., Binkley, J., Solomon, P., Gill, C., & Finch, E. (1994). Assessing change over time in patients with low back pain. *Phys Ther*, 74(6), 528-533.
<https://doi.org/10.1093/ptj/74.6.528>

Sung, W., Abraham, M., Plastaras, C., & Silfies, S. P. (2015). Trunk motor control deficits in acute and subacute low back pain are not associated with pain or fear of movement. *The Spine Journal*, 15(8), 1772-1782.

Thoumie, P., Drape, J.-L., Aymard, C., & Bedoisseau, M. (1998). Effects of a lumbar support on spine posture and motion assessed by electrogoniometer and recording. *Clinical biomechanics*, 13(1), 18-26.

Tombaugh, T. N., & McIntyre, N. J. (1992). The mini-mental state examination: a comprehensive review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 40(9), 922-935.

Toprak Çelenay, Ş., & Özer Kaya, D. (2017). An 8-week thoracic spine stabilization exercise program improves postural back pain, spine alignment, postural sway, and core endurance in university students:a randomized controlled study. *Turk J Med Sci*, 47(2), 504-513. <https://doi.org/10.3906/sag-1511-155>

Tsao, H., Galea, M., & Hodges, P. (2008). Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain*, 131(8), 2161-2171.

Valentine, J. C., & Cooper, H. (2007). Effect Size Substantive Interpretation Guidelines : Issues in the Interpretation of Effect Sizes.

Vandenbroucke, J. P., von Elm, E., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., ... Egger, M. (2014). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Int J Surg*, 12(12), 1500-1524. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.07.014>

Wang, H., Zheng, J., Fan, Z., Luo, Z., Wu, Y., Cheng, X., ... Wang, C. (2022). Impaired static postural control correlates to the contraction ability of trunk muscle in young adults with chronic non-specific low back pain: A cross-sectional study. *Gait & Posture*, 92, 44-50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.11.021>

Xiao, W., Yang, H., Wang, Z., Mao, H., Wang, H., Hao, Z., ... Wang, C. (2023). Postural Control of Patients with Low Back Pain Under Dual-Task Conditions. *Journal of Pain Research*, 16(null), 71-82. <https://doi.org/10.2147/JPR.S392868>

Yahia, A., Jribi, S., Ghroubi, S., Elleuch, M., Baklouti, S., & Habib Elleuch, M. (2011). Evaluation of the posture and muscular strength of the trunk and inferior members of patients with chronic lumbar pain. *Joint Bone Spine*, 78(3), 291-297.
<https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2010.09.008>

3.9 FIGURES

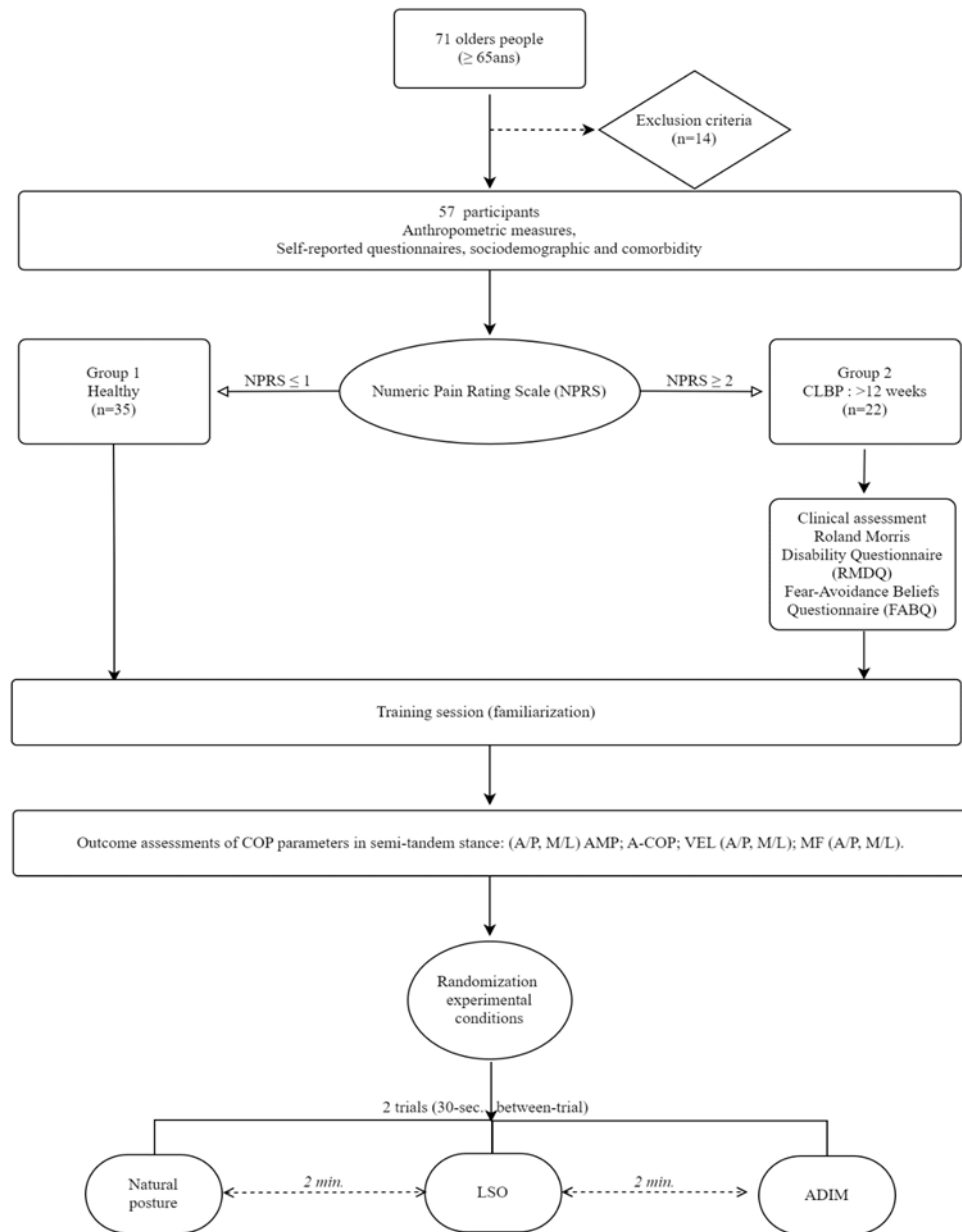


FIGURE 5 : Summary of procedures from recruitment, classification of two groups, familiarization/training, randomization, and experimental protocol (natural posture, LSO, and ADIM)

Source: Régis d'ASSOMPTION, 2024.

Note: LSO = lumbosacral orthosis; ADIM = abdominal drawing-in maneuver; NPRS = Numerical Pain Rating Scale; RMDQ = Roland-Morris Disability; FABQ Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire; A-COP = ellipse area; A/P = anteroposterior; M/L = mediolateral; AMP = mean amplitude; COP = center of pressure; MF = mean frequency; VEL = mean velocity.

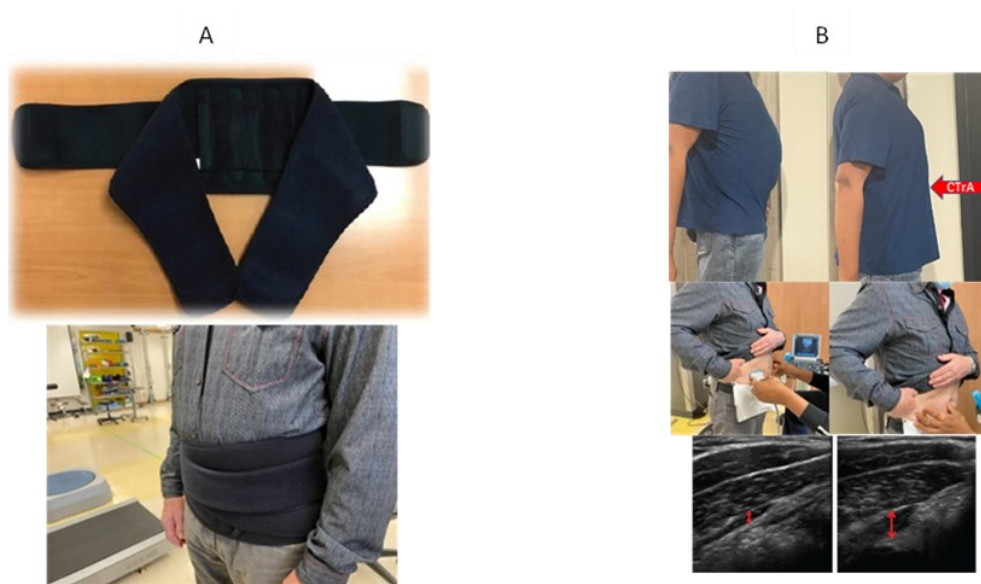


FIGURE 6 : Lumbar stabilization methods.

Source: Régis d'ASSOMPTION, 2022.

Note: (A) lumbosacral orthosis (LSO); (B) subject learning with and without isolated contraction of the transversus muscle (TrA) by the abdominal drawing-in maneuver (ADIM), including ultrasonography (US). The red arrow in the lower left image indicates resting TrA muscle fibres, while the lower right image shows contraction of said fibres.

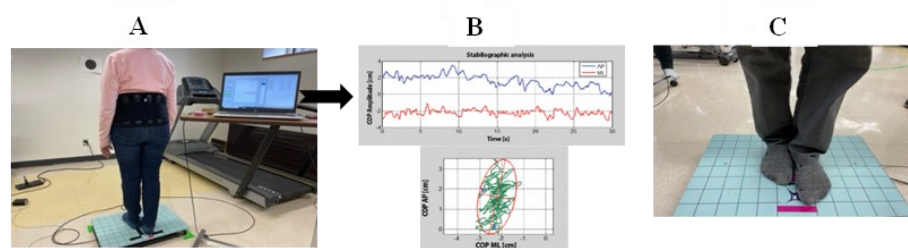
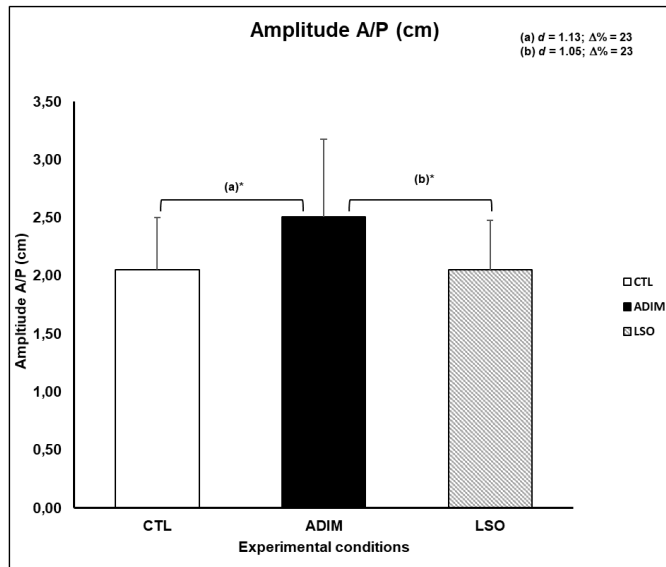


FIGURE 7 : Instrument, measurements, and balance tasks.

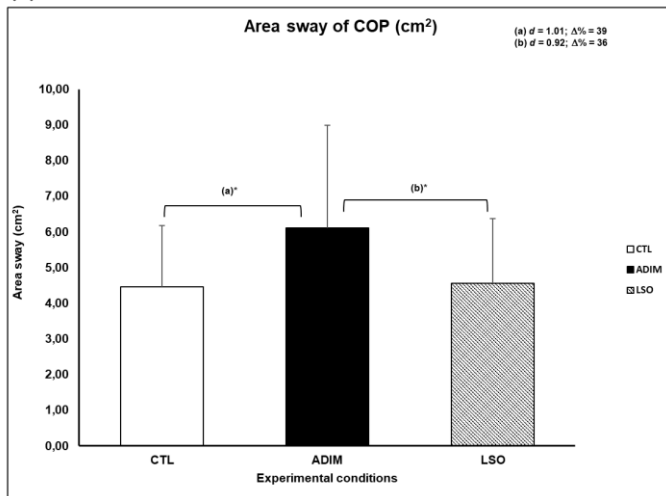
Source: Régis d'ASSOMPTION, 2022.

Note: (A) Evaluation posture, standing on the BIOMECH 400 force platform, in a semi-tandem position, arms at sides, looking at a target at eye level, 2 m away. (B): postural control measurements from center of pressure parameters (C): semi-tandem position with leg preferably forward.

(A)



(B)



(C)

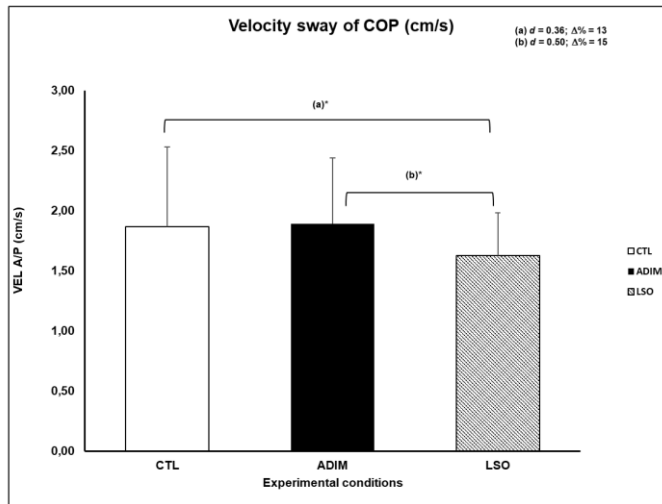


FIGURE 8 : Comparison between COP measurements and stabilization (error bars = standard deviations) based on ST position analysis

Source: Régis d'ASSOMPTION, 2025.

Note: (A): amplitude (AMP) in A/P direction of movement; (B): area ellipse of COP (A-COP); and (C): velocity sway of COP in A/P direction of movement. * *Post hoc* Tukey significant differences ($p < 0.05$) revealing in (a) and (b) the effect sizes (Cohen's d) and $\Delta\%$ clinical differences between 3 conditions.

For (a): significant differences reported between CTL and ADIM in 2 COP variables (Graphs A and B) and afterward between CTL and LSO in VEL variable (Graph C).

For (b): significant differences reported between ADIM with LSO for 3 COP variables (Graphs A, B, C).

3.9 TABLES

0.TABLE 1: Characteristics of older participants

	Healthy (n=35)	CLBP (n=22)	p value ^a
Demographic Data			
Age (y)	74.43 ± 7.03	72.50 ± (4.95)	.27
Sex (male), n (%)	15 (43.0%)	12 (46.0%)	.85 ^a
Hight (cm)	164 ± 0.09	165 ± 0.10	.78
Weight (kg)	70.61 ± 13.89	77.65 ± 18.85	.11
Body mass index (kg/m ²)	26.11 ± 3.93	28.64 ± 6.95	.11
Clinic Data			
MMSE (score/30)	28.94 ± 1.24	28.82 ± 1.56	.74
M-FES Fr (score/140)	137.81 ± 5.93	133.53 ± 12.47	.58
Baecke index			
Global (score/15)	9.23 ± 1.72	9.15 ± 2.90	-
Work (score/5)	2.73 ± 0.53	2.90 ± 0.69	.31
Sports (score/5)	3.19 ± 0.84	2.93 ± 1.16	.34
Leisure time (score/5)	3.31 ± 0.73	2.91 ± 0.85	.06
Symptoms of low back pain			
NPRS (score/10)	-	5.32 ± 1.84	-
RMDQ (score/24)	-	5.36 ± 3.80	-
FABQ-PA (score/24)	-	9.09 ± 7.58	-
FABQ-W (score/42)	-	13 ± 12.57	-
LBP duration	-	125 ± 108	-

Note: Mean and standard deviation (±) related to continuous and categorical (sex) variables.
^ap values from independent t-test and Chi-square test for sex comparison. CLBP: Chronic low back pain; MMSE: Mini Mental State Examination; M-FES Fr: The Modified Falls Efficacy Scale- French version; FABQ-PA: Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire - Physical Activity; FABQ-W: Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire-Work; NPRS: Numeric Pain Rating Scale; RMDQ: Roland-Morris Disability Questionnaire.

TABLE 2: Distribution of COP parameters by groups and conditions

		Expérimental Conditions (Mean $\pm$ SD)		
		Control	ADIM	LSO
A/P AMP (cm)	Healthy	2.01 $\pm$ 0.42	2.43 $\pm$ 0.77	2.00 $\pm$ 0.44
	CLBP	2.13 $\pm$ 0.50	2.69 $\pm$ 0.49	2.13 $\pm$ 0.39
	Total	2.06 $\pm$ 0.45	2.53 $\pm$ 0.68	2.05 $\pm$ 0.43
M/L AMP (cm)	Healthy	2.93 $\pm$ 0.69	2.96 $\pm$ 0.69	2.89 $\pm$ 0.61
	CLBP	3.10 $\pm$ 0.79	3.60 $\pm$ 0.85	3.08 $\pm$ 0.62
	Total	3.00 $\pm$ 0.73	3.21 $\pm$ 0.81	2.96 $\pm$ 0.62
A-COP (cm ²)	Healthy	4.22 $\pm$ 1.44	5.71 $\pm$ 2.95	4.43 $\pm$ 1.79
	CLBP	4.90 $\pm$ 2.04	7.03 $\pm$ 2.85	4.79 $\pm$ 1.84
	Total	4.49 $\pm$ 1.71	6.22 $\pm$ 2.96	4.57 $\pm$ 1.80
VEL A/P (cm/s)	Healthy	1.87 $\pm$ 0.70	1.80 $\pm$ 0.53	1.58 $\pm$ 0.39
	CLBP	1.83 $\pm$ 0.62	2.02 $\pm$ 0.55	1.67 $\pm$ 0.33
	Total	1.85 $\pm$ 0.67	1.89 $\pm$ 0.54	1.61 $\pm$ 0.37
VEL M/L (cm/s)	Healthy	2.22 $\pm$ 0.63	2.16 $\pm$ 0.52	2.07 $\pm$ 0.40
	CLBP	2.22 $\pm$ 0.64	2.41 $\pm$ 0.71	2.15 $\pm$ 0.56
	Total	2.22 $\pm$ 0.63	2.26 $\pm$ 0.61	2.10 $\pm$ 0.46
MF A/P (Hz)	Healthy	0.66 $\pm$ 0.19	0.68 $\pm$ 0.23	0.65 $\pm$ 0.18
	CLBP	0.70 $\pm$ 0.24	0.68 $\pm$ 0.19	0.59 $\pm$ 0.19
	Total	0.68 $\pm$ 0.21	0.68 $\pm$ 0.21	0.63 $\pm$ 0.19
MF M/L (Hz)	Healthy	0.58 $\pm$ 0.14	0.59 $\pm$ 0.13	0.56 $\pm$ 0.14
	CLBP	0.53 $\pm$ 0.12	0.56 $\pm$ 0.16	0.55 $\pm$ 0.13

Total	0.56 ± 0.13	0.58 ± 0.14	0.56 ± 0.13
-------	-------------	-------------	-------------

Note: Data are mean and standard deviation (±).

COP linear Variables area: Amplitude (AMP) in anteroposterior (A/P) and mediolateral (M/L), area ellipse of COP (A-COP), velocity sway of COP (VEL) in A/P and M/L, mean frequency (MF) in A/P and in M/L.

Experimental conditions: (1) control - without lumbar stabilization (CTL), (2) wearing of lumbosacral orthoses (LSO) and (3) activation of the transversus abdominis (TrA) muscle by the abdominal drawing-in maneuver (ADIM).

TABLE 3: Comparison of COP parameters between groups and conditions: results (p-values) of 2-way MANOVA statistical tests and Tukey's post hoc test to show the effects of group (Healthy, CLBP) and condition (LSO, ADIM)

	p-value (η_p^2)			Tukey's post hoc
	Group	Condition †	Interaction	Condition factor
AMP A/P	0.05* (0.02)	<0.01* (0.16)	0.75 (0.004)	ADIM > CTL, LSO
AMP M/L	0.003* (0.05)	0.06 (0.03)	0.15 (0.02)	
A-COP	0.03* (0.03)	<0.01* (0.12)	0.52 (0.008)	ADIM > CTL, LSO
VEL A/P	0.30 (0.006)	0.02* (0.05)	0.45 (0.01)	LSO < CTL, ADIM
VEL M/L	0.23 (0.009)	0.28 (0.02)	0.51 (0.008)	
MF A/P	0.83 (0.01)	0.23 (0.02)	0.42 (0.01)	
MF M/L	0.14 (0.01)	0.74 (0.004)	0.73 (0.004)	

Note: † Statistically significant ($p < 0.05$) condition effects, which are also illustrated in Figure 8.

* Statistically significant ($p < 0.05$).

η_p^2 : *Partial Eta Squared* effect size from MANOVA results

COP linear Variables area: Amplitude (AMP) in anteroposterior (A/P) and mediolateral (M/L), area ellipse of COP (A-COP), velocity sway of COP (VEL) in A/P and M/L, mean frequency (MF) in A/P and in M/L. Experimental conditions: (1) control - without lumbar stabilization (CTL), (2) wearing of lumbosacral orthoses (LSO) and (3) activation of the transversus abdominis (TrA) muscle by the abdominal drawing-in maneuver (ADIM).

CHAPITRE 4

DISCUSSION

À l'entame de ce mémoire de recherche, deux objectifs ont été fixé. Le premier était d'évaluer les effets immédiats de la stabilisation lombaire sur les mesures du contrôle postural chez les personnes âgées avec et sans lombalgie chronique non spécifique. Ensuite, il a été question de voir si la douleur lombaire pourrait impacter les mesures de contrôle postural, indépendamment de la condition expérimentale évaluée.

Ce travail découle d'un programme de recherche plus large. Le volet 1 publié en 2021 a montré que les mesures du COP avaient une fiabilité acceptable dans l'ensemble des mesures, avec une excellence des résultats pour les variables de vitesse du COP (Kadri et al., 2021). La deuxième étude a démontré l'originalité du protocole valide et fiable chez une population pathologique, de jeunes adultes avec des maux de dos chroniques comparativement à un groupe témoin agissant comme contrôle. Nous n'avons montré dans cette étude aucune différence entre les méthodes de stabilisation, à part un impact de la lombalgie chronique sur les mesures de contrôle postural (de Oliveira et al., 2022). Dans cette programmation, il manquait alors la généralisation de ces résultats pour les personnes âgées, afin de bien documenter les effets du vieillissement dans ce domaine étudié.

Les résultats principaux de cette étude ont ainsi montré un effet discret de la méthode de stabilisation nommée l'orthèse lombo-sacrée extensible (LSO). Nous avons observé que l'utilisation de cette méthode de stabilisation lombaire contribue à diminuer les valeurs de la vitesse d'oscillation du COP (soit avoir un meilleur contrôle postural) en position semi-tandem comparativement aux autres conditions expérimentales, autant pour le groupe pathologique que le groupe contrôle. Ce résultat confirme, en partie, notre première hypothèse étudiée. En effet, nous avons observé que contrairement à LSO, la méthode ADIM affecte négativement le contrôle postural des personnes âgées, lorsque mesurée de façon immédiate et ceci par

rapport aux deux autres conditions (sans stabilisation et avec LSO). Ce dernier résultat est contraire à nos attentes, mais nous amène à de nouvelles réflexions sur la difficulté d'appliquer la méthode active (contraction profonde du muscle transverse de l'abdomen) lors d'une situation d'analyse immédiate pour assurer en même temps une meilleure stabilisation lombaire et provoquer une amélioration du contrôle postural (double tâche). Finalement, notre étude a aussi confirmé que les individus âgés lombalgiques ont un moins bon contrôle postural que les individus non atteints, indépendamment de la condition expérimentale évaluée. Ces résultats ont confirmé notre hypothèse secondaire et sont ainsi utiles pour la réadaptation en gériatrie. En effet, les résultats de cette étude ont une implication directe pour la prise de décision quant à l'utilisation de ce genre de méthode pour assurer autant la stabilisation lombaire qu'influencer positivement le contrôle postural dans une perspective de minimiser l'impact de la douleur lombaire et les risques de chutes chez les aînés. Par exemple, l'effet positif de l'orthèse lombo-sacrée peut offrir une alternative pour les thérapeutes dans la prise en charge d'évaluation/entraînement de l'équilibre postural de façon immédiate chez les personnes âgées comparativement à la contraction du transverse de l'abdomen lors d'un programme d'intervention clinique. En sachant aussi que les personnes âgées avec une lombalgie chronique présentent des défis au niveau du contrôle postural, alors il sera aussi pertinent de bien prescrire des exercices de stabilisation lombaire plus à long terme pour mieux entraîner les stratégies posturales et voir son impact sur les mesures d'équilibre et sur les risques de chutes.

4.1 EFFETS DE LA STABILISATION LOMBAIRE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL DES PERSONNES ÂGÉES

4.1.1 LSO

LSO a amélioré entre 13 à 15% l'équilibre postural en posture semi-tandem des personnes âgées avec et sans lombalgie chronique non spécifique (avec une

taille de l'effet allant de petite à modérer). Parmi les 7 paramètres du COP que nous avons évalués, 3 (l'aire de la COP, l'amplitude et la vitesse selon l'axe antéro-postérieur) ont été sensibles pour détecter les changements de la mesure sous l'influence de la stabilisation lombaire et les différences entre les groupes. Parmi les 3 variables du COP, seule la vitesse d'oscillation du COP antéro-postérieure a décelé un changement de LSO.

La vitesse du COP est une variable très sensible et fiable dans la littérature (Baldrige & King, 2020; Orakifar et al., 2022; Salavati et al., 2009; Yu et al., 2012). De plus, dans la littérature, on retrouve une revue systématique (Ruhe et al., 2011a) dans laquelle on a cinq études où la vitesse moyenne du COP était une mesure sensible pour noter des différences significatives du changement du contrôle postural (della Volpe et al., 2006; Harringe et al., 2008; Lafond et al., 2009; Satu Luoto et al., 1996; Mann et al., 2010). La vitesse moyenne du COP selon l'axe antéro-postérieur est une variable très fiable (Low et al., 2017), qui décèle les déficits posturaux dus au vieillissement (Prieto et al., 1996; Prieto et al., 1993) et qui est prédictive du risque de chute (Howcroft et al., 2017). Les 6 autres paramètres du COP n'ont pas pu déceler un changement induit par LSO sur le contrôle postural. Cela peut s'expliquer par la perturbation semi-tandem dont la difficulté n'était peut-être pas suffisante pour permettre de déceler des différences significatives par les autres variables du COP. L'ajout d'une difficulté supplémentaire (par exemple l'occlusion visuelle) aurait peut-être permis d'avoir plus de paramètres du COP sensibles à l'action de LSO comme montré par des auteurs (Azadinia et al., 2019b; Nogueira et al., 2020) et les recommandations de Patla pour évaluer l'équilibre postural (Patla et al., 1992).

Ces résultats ne sont pas corroborés par certaines études antérieures qui ont montré que LSO n'impactait pas significativement les mesures du COP dans les conditions similaires de ce mémoire aussi bien chez les jeunes adultes en bonne santé (Kadri et al., 2021) que chez les jeunes adultes présentant ou non de la

lombalgie chronique (de Oliveira et al., 2022). On peut expliquer cette différence par la population d'étude. Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés aux personnes âgées qui sont connues pour avoir un moins bon équilibre postural que les jeunes adultes en général (Dominguez, 2020; König et al., 2019; Sanders et al., 2019) et plus particulièrement chez les personnes ayant de la lombalgie chronique (R. A. da Silva et al., 2016). Ainsi on pourrait émettre l'hypothèse que dans ces deux études, les jeunes adultes n'avaient pas un déficit de l'équilibre suffisant pour que l'orthèse lombo-sacrée puisse apporter un changement significatif des paramètres du COP. D'autres auteurs ont fait une expérimentation pour évaluer et comparer les effets d'une LSO extensible et d'une LSO non extensible sur le contrôle postural du tronc au cours d'une tâche assise instable entre deux groupes d'adultes jeunes avec et sans lombalgie non spécifique (Shahvarpour et al., 2019). Le contrôle postural du tronc a été évalué par des mesures basées sur des analyses linéaires et des analyses non linéaires qui sont complémentaires (Ladislao & Fioretti, 2007; Prieto et al., 1996). Les résultats de cette étude ont montré que les deux types d'orthèses avaient des effets comparables sur le contrôle postural du tronc. Ainsi les LSOs ont détérioré certaines mesures du contrôle postural du tronc suggérant une baisse de l'adaptabilité du système de contrôle à l'environnement aussi bien chez les jeunes adultes lombalgiques que ceux du groupe témoin = sans lombalgie (Shahvarpour et al., 2019). Cependant cette hypothèse reste controversée parce que d'autres études (Azadinia et al., 2019b; Munoz et al., 2010) ont démontré l'effet positif de l'orthèse lombo-sacrée sur le contrôle postural chez de jeunes adultes. Des chercheurs ont évalué l'effet immédiat de l'orthèse lombo-sacrée non extensible sur les mesures du contrôle postural (aire du COP, vitesse d'oscillation totale du COP, Amplitude antéro-postérieure et médio-latérale du COP) chez des adultes jeunes ayant de la lombalgie chronique. Ils ont montré que cette méthode réduisait l'oscillation du COP (bon contrôle postural) pour l'aire et l'amplitude

antéro-postérieure lorsque la tâche d'équilibre était difficile. (Azadinia et al., 2019b). Une ceinture lombaire munie d'un dispositif pour maintenir la lordose physiologique a été utilisée chez des adultes jeunes présentant une lombalgie chronique avec discopathie lombaire dégénérative sans signe de douleur aiguë (Munoz et al., 2010). Ainsi chez les patients ayant une hernie discale on note une réduction de 37% de l'oscillation du COP et une amélioration du contrôle postural sous l'action de l'orthèse lombo-sacrée lordotique (Munoz et al., 2010).

La proprioception constitue un élément important au maintien de la posture debout en modérant en tout temps les oscillations du COP pour assurer un bon équilibre. Chez les personnes atteintes de lombalgie chronique non spécifique, la proprioception du tronc est déficitaire selon l'axe antéro-postérieur (Cholewicki, McGill, et al., 2010; McNair & Heine, 1999; Newcomer et al., 2001; Thoumie et al., 1998) ce qui entraîne l'altération de l'équilibre postural en posture debout (Arashanapalli & Wilson, 2008; Brumagne et al., 2004; Leitner et al., 2009; Radebold et al., 2001). L'effet de LSO pour améliorer le contrôle postural peut s'expliquer parce que la contention assurée par cette ceinture lombaire vient améliorer la proprioception lombaire en exerçant un soutien mécanique passif du sous-système passif de Panjabi pendant les mécanismes d'ajustements posturaux (McNair & Heine, 1999; Newcomer et al., 2001) et réduire l'activité des muscles du tronc (Reeves et al., 2006). L'augmentation de la proprioception lombaire augmente la perception de la stabilité et de la sécurité (Meyer, 2000) permettant à l'individu de confronter la douleur pour aller vers la récupération selon le modèle de peur-évitement (Vlaeyen & Linton, 2000).

Le port de l'orthèse lombo-sacrée a possiblement réduit les co-contractions des muscles du tronc et le bruit du signal dépendant pouvant affecter le contrôle postural (Corbeil et al., 2004; O'Sullivan et al., 2003). L'interprétation de cette hypothèse doit être prudente, parce que la présente étude n'a pas mesuré l'activité électromyographique des muscles du tronc lors du protocole

expérimental. De plus, d'autres études bien qu'ayant démontré que l'orthèse lombo-sacrée diminuait l'activité musculaire du tronc ont montré que le LSO ne modifiait pas l'oscillation du COP (Cholewicki et al., 2007; de Oliveira et al., 2022; Reeves et al., 2006). Nous devons faire attention à ces conclusions, car leurs études ne portaient pas sur des personnes âgées atteintes de lombalgie chronique qui ont un moins bon équilibre postural que des personnes adultes jeunes ayant la lombalgie chronique (R. A. da Silva et al., 2019).

4.1.2 ADIM

Les résultats montrent que l'activation de l'ADIM a dégradé de façon immédiate entre 23 à 39% l'équilibre postural des personnes âgées ayant ou non de la lombalgie chronique avec une grande taille de l'effet. L'ADIM a eu un effet en changeant significativement et négativement les 2/7 des paramètres du COP (amplitude antéro-postérieure et l'aire du COP).

Dans la littérature, on retrouve plusieurs études qui ont trouvé des résultats différents. Ainsi dans un premier temps, il faut noter que chez les sujets adultes jeunes, l'ADIM n'a eu aucun effet immédiat sur les mesures quantitatives du COP en posture semi-tandem et unipodale aussi bien chez les personnes sans lombalgie que chez ceux avec lombalgie (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021). Dans un second temps, on retrouve dans la littérature plusieurs évidences qui ont évalué l'effet à long terme de la contraction du transverse de l'abdomen avec d'autres stabilisateurs du tronc et qui ont trouvé une amélioration significative du contrôle postural (Azadinia et al., 2017; Rhee et al., 2012; Toprak Çelenay & Özer Kaya, 2017).

D'abord une étude (Rhee et al., 2012), a rapporté qu'un programme basé sur les exercices de stabilisation spinale-ESS (T.-R. Lee et al., 2010; P. S. Sung, 2003)

chez des adultes âgés de plus de 21 ans, atteints de lombalgie récurrente a permis de mobiliser des mécanismes neuromusculaires de compensation pour avoir un meilleur contrôle postural. Ce programme d'exercice était basé sur un protocole d'exercices qui a activé et entraîné les muscles stabilisateurs par une co-contraction statique du muscle spinal et du transverse de l'abdomen. Les participants se sont entraînés 5 fois par semaine (3 fois avec les évaluateurs et 2 fois à domicile) durant 4 semaines. Ces auteurs ont expliqué le bénéfice du programme ESS par le fait que l'équilibre postural était associé aux symptômes de la lombalgie d'une part et que d'autre part les déficiences causées par la lombalgie et les limitations fonctionnelles étaient assez importantes pour détecter des troubles de l'équilibre (Kuukkanen & Mälikä, 2000; Takala et al., 1997).

Ensuite, une autre étude a combiné la méthode passive (ceinture lombaire non extensible) et la méthode active (exercices de routine en physiothérapie) durant 4 semaines pour évaluer leurs effets sur le contrôle postural des patients atteints de lombalgie chronique non spécifique chez des adultes âgés de 20 à 55 ans (Azadinia et al., 2017). Il faut noter que les exercices de renforcement des muscles du tronc étaient globaux, mais non spécifiques aux stabilisateurs du tronc (transverse de l'abdomen et multifides lombaires). Ils ont trouvé qu'au terme du programme d'exercice cumulé avec le port à long terme de l'orthèse lombo-sacrée, que le contrôle postural a été amélioré. L'effet positif sur le contrôle postural a été obtenu selon les auteurs à cause de l'augmentation de l'endurance des muscles extenseurs lombaires et la diminution de la fatigue des muscles du tronc (dont le muscle transverse fait partie), qui auraient conduit à réduire les balancements posturaux (Azadinia et al., 2017). En effet, des études antérieures ont établi un lien entre la fatigabilité de ces muscles (Davidson et al., 2004) et le déficit de la proprioception (Johanson et al., 2011) d'une part et l'augmentation du balancement du COP d'autre part.

Enfin, une autre étude a évalué deux groupes de patients atteints de lombalgie chronique non spécifique qui ont bénéficié de 12 séances de physiothérapie conventionnelle (Salavati et al., 2016). Le groupe expérimental a en plus reçu des exercices actifs de stabilisation lombaire. Ils ont évalué et comparé l'effet des thérapies de ces 2 groupes expérimentaux sur le contrôle postural, l'intensité de la douleur et l'incapacité fonctionnelle chez des adultes jeunes atteints de lombalgie chronique. Ils ont constaté que la physiothérapie conventionnelle a amélioré le contrôle postural, les capacités fonctionnelles et a réduit l'intensité de la douleur. Lorsque les exercices actifs de stabilisations se sont ajoutés, ces résultats se sont accrus. Les exercices de stabilisations lombaires effectués sur 12 séances ont permis d'améliorer le contrôle postural et de réduire l'intensité de la douleur (Salavati et al., 2016). Il a été démontré par de précédentes études que les exercices de stabilisation lombaire améliorent la stabilité intervertébrale ce qui contribue à réduire la douleur et l'incapacité fonctionnelle (Ferreira et al., 2006).

Ces 5 études présentent des différences méthodologiques avec les résultats présentés dans ce mémoire qui peuvent justifier ces écarts. En ce qui concerne les deux premières études (de Oliveira et al., 2022; Kadri et al., 2021), la seule différence est l'âge. Il existe des différences neuromusculaires entre les adultes jeunes et les personnes âgées (Q. Wang et al., 2022) qui pourraient faire en sorte que les effets de l'ADIM aient été différents entre les groupes d'âge. En plus de l'âge, les autres études (Azadinia et al., 2017; Rhee et al., 2012; Salavati et al., 2016) étaient prospectives et ont permis à travers des programmes d'exercices d'apporter des améliorations quantitatives et/ou qualitatives aux muscles du tronc (dont le transverse de l'abdomen) susceptibles d'expliquer les effets obtenus sur le contrôle postural. De plus, il y existe une synergie entre le muscle transverse de l'abdomen et le muscle oblique interne (notamment ses fibres postérieures) qui va augmenter la tension du fascia thoracolombaire générant ainsi l'augmentation de la pression intraabdominale favorisant la transformation de

l'abdomen en un cylindre rigide qui sous l'action du contrôle moteur ascendant va assurer une bonne stabilisation lombaire (Bojairami & Driscoll, 2022; J. Hides et al., 2006; Lariviere et al., 2019). L'ADIM permet donc de maintenir une bonne stabilité lombaire (Brumitt et al., 2013) et d'améliorer le contrôle postural dans des conditions différentes que celles présentées dans la présente étude (Lederman, 2010). Nous pouvons peut-être conclure que son effet est dépendant de la nature de la tâche (*task dependent*).

Dans notre étude, l'effet délétère immédiat de l'ADIM (contraire à notre hypothèse) pourrait s'expliquer de plusieurs façons. Une première explication serait la théorie de la double tâche. En effet la double tâche pourrait expliquer que l'ADIM puisse perturber l'équilibre postural chez les personnes âgées. La double tâche est le fait d'effectuer une première tâche dans une posture statique ou dynamique tout en réalisant simultanément une autre tâche secondaire (Woollacott & Shumway-Cook, 2002). Chez les personnes de moins de 65 ans, il est possible en considérant qu'elles sont en bonne santé, qu'elles peuvent avoir un bon contrôle postural en position debout tout en réalisant une autre activité physique ou mentale (Boisgontier et al., 2013). Chez les personnes de plus de 65 ans par contre il a été observé une altération du contrôle postural après avoir mesuré certains paramètres du COP (Doyle et al., 2005) lors d'une double tâche (Huxhold et al., 2006; Swan et al., 2004). Cela pourrait être due à l'altération des afférentes visuelles, proprioceptives et vestibulaires (Papegaaij et al., 2014), ou même à l'atteinte des éléments de contrôle du corps (Redfern et al., 2017), ou encore à une difficulté à mobiliser des ressources attentionnelles pour le contrôle postural (Granacher et al., 2011; Shumway-Cook & Woollacott, 2000) considérant le fait qu'un contrôle postural adéquat nécessite beaucoup d'attention chez les personnes âgées (Brown et al., 1999). Ce déficit de l'attention est le fruit du processus normal du vieillissement où l'on constate une moins bonne

fonctionnalité du cortex préfrontal ainsi que des réseaux ganglionnaires de base (Seidler et al., 2010).

Une autre explication serait le temps alloué à l'entraînement de l'ADIM. L'apprentissage de cette manœuvre effectuée avec un effort sous-maximal a peut-être été court et n'a pas permis aux participants de bien assimiler cet exercice malgré le fait que chacun a répété autant de fois que voulu et on avait l'aide de l'ultrason pour montrer aux participants le muscle contracté pendant l'apprentissage. N'étant pas habitués à contracter ce muscle, certains participants n'ont peut-être pas pu tenir efficacement 15 secondes de contraction pour engager une véritable activation du transverse de l'abdomen. Cela pourrait expliquer l'apparition de mouvements parasites ou compensatoires (tel que le haussement des épaules, l'interruption de la respiration) qui auraient peut-être dérangé l'équilibre postural. Dans le même ordre d'idée, une étude récente a montré que la faible constructibilité du muscle transverse de l'abdomen pourrait déranger le contrôle postural (H. Wang et al., 2022). Puisque la présente étude n'a pas évalué quantitativement le muscle transverse de l'abdomen avant et pendant l'exécution de la procédure expérimentale, nous devons être prudents avec ces explications.

En dehors de ces théories explicatives (double tâche et entraînement court) basées sur le protocole expérimental, il existe également une autre explication neuro-biomécanique basée sur la co-activation des agonistes et antagonistes, dont le muscle transverse de l'abdomen, qui assurent la stabilité posturale et la stabilité du rachis lombaire de façon active en soutenant le sous-système actif de Panjabi (Bergmark, 1989; Crisco & Panjabi, 1992; Gardner-Morse & Stokes, 2001; Granata et al., 2004). En cas de lombalgie chronique, il est possible d'avoir une défaillance du sous-système de stabilisation passive du rachis ce qui pourrait exagérer la co-activation des muscles du tronc (Stokes et al., 2000) qui pourrait à son tour provoquer un déséquilibre postural dû aux recrutements importants

d'unités motrices de ces muscles (Reeves et al., 2006). Les exercices de stabilisations lombaires peuvent activer une co-contraction du muscle transverse de l'abdomen et du muscle multifides lombaires (Tsao et al., 2010; Tsao & Hodges, 2007) qui au lieu de renforcer le sous-système actif de Panjabi pour assurer l'équilibre postural en même temps que la stabilité lombaire va plutôt perturber immédiatement la coordination musculaire du tronc et déranger l'action des muscles qui devraient assurer un bon équilibre postural chez les personnes âgées ayant ou pas de la lombalgie chronique non spécifique. Dans ce cas, l'évaluation par l'électromyographie pourrait être pertinente pour bien documenter l'activation des muscles du tronc lors des conditions comme celles-ci évaluées dans la présente étude. Da Silva et al. (2019) ont montré un changement dans l'activation des muscles du tronc des aînés souffrant de lombalgie par rapport au groupe contrôle, ce qui pourrait soutenir cette explication plausible (R. A. da Silva et al., 2019).

4.2 EFFETS DE LA LOMBALGIE CHRONIQUE NON SPÉCIFIQUE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL DES PERSONNES ÂGÉES

Les résultats ont montré que les personnes âgées de 65 ans et plus vivant avec la lombalgie chronique avaient des troubles du contrôle postural (l'aire et les amplitudes de balancement de la COP selon les axes antéro-postérieur et médio-latéral) plus prononcés que leurs homologues asymptomatiques lors d'une tâche d'équilibre en posture semi-tandem.

Ces résultats sont en accord avec la littérature où des études ont montré que les personnes avec la lombalgie chronique présentaient un balancement plus important que les sujets asymptomatiques (Caffaro et al., 2014; Hlaing et al., 2021; Mientjes & Frank, 1999; Nogueira et al., 2020) et plus particulièrement lorsqu'il s'agit des personnes âgées

(R. A. da Silva et al., 2016). Une revue systématique, avec métaanalyse très récente a montré qu'une réduction de la douleur induite par une lombalgie chronique non-spécifique traitée par des méthodes conservatrices est liée à un meilleur contrôle postural (D. K. Y. Zheng et al., 2024). Des preuves de qualité modérées ont montré que les interventions conservatrices chez les jeunes adultes qui ont réduit la douleur ont également permis de réduire 34 à 45% des oscillations de l'aire et de la vitesse du COP lorsque les yeux étaient ouverts. Dans l'ensemble, les résultats de cette étude suggèrent qu'une réduction de la douleur par des méthodes conservatrices induit une amélioration de l'équilibre statique et dynamique (D. K. Y. Zheng et al., 2024). Malheureusement, les auteurs de cette étude n'avaient pas assez de données pour rechercher l'association entre la réduction de la douleur induite par la lombalgie chronique non spécifique et le contrôle postural en contexte de vieillissement. Une autre revue systématique avec métaanalyse (Ge et al., 2021) portant sur treize (13) articles cas-témoins a évalué et comparé les performances d'équilibre des personnes âgées entre deux (2) groupes : avec lombalgie et sans lombalgie. Il en ressort que les performances d'équilibre du groupe lombalgique étaient faibles par rapport à ceux du groupe sans lombalgie. Il y aura de plus en plus de personnes âgées avec la lombalgie chronique et cette dernière augmente les risques de chutes (Fehlings et al., 2015).

Plusieurs études ont montré que les perturbations de l'équilibre devraient être suffisamment difficiles pour déceler les changements significatifs du contrôle postural chez les personnes avec et sans lombalgie chronique (Allum et al., 1998; Brumagne et al., 2000; Brumagne et al., 2008; Caffaro et al., 2014; R. A. da Silva et al., 2016; R. A. da Silva et al., 2018; S. Luoto et al., 1998; Mientjes & Frank, 1999). De plus, l'utilisation, de la plateforme de force avec les mesures quantitatives des mesures du COP pour comparer nos deux groupes entre eux (personnes âgées avec lombalgie versus ceux qui n'ont pas la lombalgie), est très pertinente pour détecter les changements liés à l'équilibre postural et prédire les chutes chez les personnes âgées (Mancini & Horak, 2010; Piirtola & Era, 2006; Vellas et al., 1997). Ainsi la tâche d'équilibre en semi-tandem

était suffisamment difficile et a permis de mettre en évidence l'effet perturbateur de la lombalgie chronique sur le système de l'équilibre postural comme l'ont suggéré plusieurs auteurs (Leitner et al., 2009; M. Mazaheri et al., 2013; Mientjes & Frank, 1999; Ruhe et al., 2011a).

Les effets de la lombalgie chronique sur le contrôle postural peuvent s'expliquer par le fait que cette pathologie soit liée à une plus importante fatigabilité des muscles du tronc par rapport aux personnes asymptomatiques (R. A. da Silva et al., 2015; Davarian et al., 2012). Cette fatigabilité musculaire entraîne une majoration des mouvements intervertébraux non contrôlés pouvant provoquer des blessures et une instabilité posturale (Granata & Gottipati, 2008; Parreira et al., 2013). À cette fatigabilité des muscles du tronc, s'ajoute le déficit du contrôle moteur et de la proprioception du rachis lombo-sacrée également liés à la lombalgie chronique (Alexander & Kinney LaPier, 1998; Brumagne et al., 2000; Brumagne et al., 2008; Tsao et al., 2008; Yojana et al., 2024) qui peut diminuer le contrôle postural (R. A. da Silva et al., 2018; Yojana et al., 2024). Ces trois théories (fatigabilité du tronc, trouble du contrôle moteur, mauvaise proprioception chez les personnes ayant de la lombalgie chronique) mettent en évidence les altérations des systèmes neuro-musculosquelettiques et neurophysiologiques qui sont associés à la lombalgie chronique non spécifique et ont pour conséquences une diminution de la force et/ou de l'endurance musculaire du tronc, des déficits sensori-moteurs qui pourraient entraîner des troubles de l'équilibre postural (R. A. da Silva et al., 2018; Yojana et al., 2024). Une quatrième théorie basée sur la perturbation de l'attention pour maintenir un équilibre postural adéquat par la douleur chronique elle-même induite par la lombalgie. En effet, la douleur est considérée ici comme une distraction de l'attention qui empêche les personnes d'avoir toutes les ressources cognitives nécessaires pour se concentrer sur leur équilibre postural. Lorsqu'on réduit cette douleur, les personnes atteintes de CLBP disposent de toute l'attention nécessaire pour surveiller la qualité, la précision et le contrôle de leur équilibre postural (Lopes et al., 2017; van Dieën et al., 2010; Yalfani et al., 2022). Dans le même ordre d'idée, il a

été montré que la réduction de la douleur chez les personnes atteintes de CLBP peut induire un épaississement de la matière grise présente dans le cortex préfrontal dorso-latéral gauche et le cortex moteur primaire ce qui entraîne une amélioration des capacités cognitives et une meilleure capacité physique (Seminowicz et al., 2011). Ces deux derniers peuvent aider au maintien d'un bon équilibre postural (D. K. Y. Zheng et al., 2024). Malheureusement, nous n'avons pas évalué la douleur post-intervention de nos participants pour confirmer si la réduction de la douleur a amélioré l'équilibre postural.

Lorsqu'on analyse le profil clinique de nos participants avec la lombalgie chronique, on remarque que la douleur était modérée, les limitations fonctionnelles liées à la lombalgie étaient faibles, la peur de pratiquer une activité physique ou de travailler à cause de la lombalgie était faible et ils avaient une très bonne confiance à ne pas chuter dans leurs activités de la vie quotidienne. Au vu de ces paramètres, nous ne pouvons pas justifier l'altération du contrôle postural par ces données qui n'étaient pas suffisamment importantes pour induire un changement des mesures quantitatives du COP (de Oliveira et al., 2022). Par exemple, une étude a montré qu'il faut une douleur d'intensité élevée chez les patients avec la lombalgie pour induire une dégradation de l'équilibre postural (Sipko & Kuczyński, 2013). De plus, une métaanalyse récente a montré avec un niveau de preuve modérée à faible que la diminution de la douleur améliorait entre 15 et 45% l'équilibre postural. Autrement dit, la douleur à elle seule ne pourrait induire un changement des performances d'équilibre (D. K. Y. Zheng et al., 2024).

Il existe d'autres paramètres comme l'amyotrophie des muscles multifides lombaire (Hlaing et al., 2020; A. Y. L. Wong et al., 2013), les troubles de la proprioception (Pinto et al., 2020; H. Wang et al., 2022), des troubles de la fonction attentionnelle et/ou exécutive (Bell et al., 2021; Sun et al., 2023; K. Zheng & Wang, 2019; Zhou et al., 2022), et des troubles psychologiques comme l'anxiété et la dépression (Sun et al., 2023). Une étude très récente (Alshahrani et al., 2025) a montré une corrélation positive entre le score de l'échelle visuelle analogique qui évalue l'intensité de la douleur et les variables

linéaires du COP (la vitesse, la longueur de la trajectoire de balancement et le déplacement du COP) ce qui laisse interpréter que plus la douleur est intense, plus grande est l'instabilité posturale (Shiozawa et al., 2015). L'incapacité fonctionnelle (mesurée par l'indice d'incapacité d'Oswestry) montre de plus fortes corrélations avec une augmentation du balancement plus importante des mesures du COP qui indique un très mauvais contrôle postural chez une personne atteinte de CLBP d'autant plus s'il y a la nécessité d'avoir une bonne coordination sensori-motrice (Hammill et al., 2008). Autrement dit chez les personnes atteintes de CLBP, il existe une association entre la douleur, l'incapacité fonctionnelle et le déficit du contrôle postural comme relayé par de nombreux autres auteurs (Shanbehzadeh et al., 2022; P. S. Sung & Lee, 2024; Zhang et al., 2020). En plus d'une douleur sévère et d'un niveau d'incapacité fonctionnelle élevé, il a été démontré que les personnes âgées (>60 ans) avec indice de masse corporelle élevé (indique une obésité) présentaient un très grand déficit du contrôle postural (Alshahrani et al., 2025). Cela suggère que l'instabilité articulaire (dans ce mémoire, c'est l'instabilité lombaire), le déficit de la force musculaire et du feedback des informations proprioceptives associés au vieillissement accentuent davantage les effets de la lombalgie non spécifique sur le contrôle postural (Ucurum et al., 2024). D'autres auteurs vont dans le même sens en établissant des liens entre le vieillissement et l'obésité qui entraînent un déficit du contrôle postural (Tallis et al., 2021; Viseux et al., 2022) qui est plus accru avec la douleur et l'incapacité (Viseux et al., 2022).

En définitive, de tout ce qui précède, on ne peut pas attribuer à la lombalgie, la seule responsabilité de déficit du contrôle postural. Il faut tenir compte de plusieurs autres facteurs qui ont été suffisamment décrits plus haut (comme l'instabilité lombaire, l'obésité, la douleur, l'incapacité, les troubles de la fonction attentionnelle ou exécutive, le déficit du contrôle moteur, la proprioception, les troubles psychologiques, le vieillissement ...) qui peuvent aggraver les effets de la lombalgie chronique non spécifique sur le contrôle postural. Des études supplémentaires et plus approfondies sont nécessaires pour améliorer notre compréhension sur l'effet de la lombalgie

chronique non spécifique (et de ses propres déterminants) sur le contrôle postural des aînés.

4.3 LIMITES

La présente étude apporte des éléments de réponses dans la compréhension et l'utilité de la stabilisation lombaire sur le contrôle postural notamment chez les personnes âgées. Bien qu'on y relève plusieurs points positifs notamment l'exclusivité de cette étude (c'est la première étude du genre qui s'adresse aux personnes âgées), elle n'est pas sans limites.

En raison de la nature transversale du devis de recherche, l'étude n'a pas pu caractériser la relation existante entre la lombalgie chronique non spécifique et le déficit du contrôle postural. Des études longitudinales sont nécessaires pour comprendre cette relation.

Chaque participant avait eu le temps d'apprendre à contracter le muscle transverse de l'abdomen par l'ADIM. Il est possible que le temps d'assimilation de cette compétence ait été insuffisant notamment avec notre population d'étude, des personnes âgées qui présentent souvent des changements du système nerveux et de déficits neuromusculaires documentés dans la littérature (Elizabeth Burns et al., 2016; Deandrea et al., 2010). Malheureusement, nous n'avons pas évalué ces aspects en pré-évaluation pour assez juger de l'état du système nerveux, encore moins, celui du système neuromusculaire des participants. De même, il aurait été intéressant de mesurer en temps réel la contraction du muscle transverse durant l'intervention. Ceci n'a pas été réalisé pour des raisons économiques et pragmatiques.

Le protocole prévoyait l'évaluation de l'équilibre postural en tenant compte de deux tâches : la posture semi-tandem et la posture unipodale. Pour des raisons de sécurité, nous avons abandonné la posture unipodale, qui était utilisée dans la première phase

de l'étude chez les jeunes dans la validation du protocole expérimental, souvent prédictif des chutes chez les personnes âgées (Vellas et al., 1997). Nous n'avons pas pu remplacer la posture unipodale par une autre tâche plus difficile, comme la fermeture des yeux ou l'utilisation de surfaces instables pour des raisons pragmatiques liées au fait que l'étude avait été réalisée pendant et post-COVID19 et ça aurait nécessité assez de temps pour une modification à l'éthique sur la durée totale du projet. Par contre, nous avons utilisé la posture semi-tandem qui était validée également dans l'étude de la phase 1 publiée.

Enfin, il aurait été intéressant d'explorer des participants avec des caractéristiques cliniques plus marquées, comme plus de douleur (> 4 sur l'échelle visuelle analogique lors du recrutement), ou de plus grandes incapacités fonctionnelles et moins de confiance à ne pas chuter afin de vérifier s'il n'y aurait pas eu plus d'influence des interventions expérimentales sur les participants.

4.4 PERSPECTIVES

Ce mémoire apporte une contribution à la réadaptation en gériatrie utile aux cliniciens par rapport à la prise en charge des personnes âgées présentant des troubles de l'équilibre en lien ou non avec la lombalgie chronique. Il serait intéressant de poursuivre la réflexion sur les personnes âgées avec les résultats obtenus par des études supplémentaires où :

- L'expérimentation de l'effet de ces méthodes de stabilisation lombaire sur le contrôle postural sera combinée ou comparée avec d'autres méthodes à moyen et long terme avec des études randomisées contrôlées.
- L'utilisation d'activités dynamique pour évaluer le contrôle postural parce qu'habituellement les chutes surviennent durant le mouvement. On pourrait utiliser par exemple le GaitRite (L. D. da Silva et al., 2022; McDonough et al.,

2001) pour explorer l'effet des méthodes de stabilisation lombaire sur l'équilibre postural au cours de la marche.

- Le muscle transverse de l'abdomen, pourra être évalué, avant l'expérimentation pour s'assurer d'une bonne constructibilité et durant l'évaluation pour s'assurer la réussite de l'ADIM.

En définitive, cette étude et celles à venir contribueront à la compréhension des solutions possibles pour réduire les chutes chez les personnes âgées qui ont de lourdes conséquences sur le plan physique, psychologique social et économique contribuant ainsi à la santé durable.

CONCLUSION

Les méthodes de stabilisation lombaire étudiées dans le présent mémoire ont des effets immédiats différents sur le contrôle postural des personnes âgées. L'«*abdominal drawing-in maneuver*» (ADIM) a perturbé le contrôle postural, alors que l'orthèse lombo-sacrée (LSO) l'a amélioré. Ce dernier donne un avantage intéressant pour les cliniciens dans un programme d'évaluation/intervention avec des objectifs à court terme. En effet, les personnes cliniciennes peuvent se servir de la méthode LSO pour mieux stabiliser la région lombaire et influencer positivement le contrôle postural des aînés afin de réaliser des activités ou des exercices à moindre risque de chutes.

De plus, les résultats du présent mémoire ont observé que la lombalgie chronique a affecté négativement le contrôle postural des aînés, ce qui peut augmenter le risque de chutes chez cette clientèle. Ceci démontre que des programmes d'exercice visant le contrôle postural ou l'équilibre devraient être de plus en plus explicites dans les guides de prise en charge clinique pour améliorer la santé du dos des personnes âgées, diminuer les risques de chutes et par conséquent, promouvoir leur santé durable. Cette population âgée présente une hausse démographique croissante, ce qui en retour affecte le système économique et social d'une région comme la nôtre si des mesures préventives et efficaces selon les données probantes ne sont pas appliquées de manière sécuritaire et globales pour optimiser leur santé et leur espérance de vie.

Les résultats sont encourageants à propos de LSO sur les effets potentiels de cette méthode sur le contrôle postural, bien qu'il doive y avoir des études plus approfondies. Ces résultats suggèrent aux cliniciens qu'il est nécessaire d'évaluer l'équilibre postural des personnes âgées atteintes de lombalgie chronique. L'usage de LSO peut aider les patients pour avoir une meilleure stabilité lombaire, mais également peut potentiellement induire un meilleur équilibre postural et donc minimiser les risques de chutes.

LISTE DE RÉFÉRENCES

- Abreu, A., Faria, C., Cardoso, S., & Teixeira-Salmela, L. (2008). Versão brasileira do Fear Avoidance Beliefs Questionnaire. *Cadernos De Saude Publica - CAD SAUDE PUBLICA*, 24. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008000300015>
- Acharya, U., Goh, S., Iijima, K., Sekine, M., & Tamura, T. (2009). Analysis of body responses to an accelerating platform by the largest-Lyapunov-exponent method. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 223(1), 111-120. <https://doi.org/10.1243/09544119JEIM454>
- Agence de la santé publique du Canada. (2020). *Vieillesse et maladies chroniques: Profil des aînés Canadiens*. <https://www.canada.ca/fr/services/sante/publications/maladies-et-affections/vieillesse-maladies-chroniques-profil-aines-canadiens-rapport.html>
- Agence de la santé publique du Canada. (2022). *Rapport de surveillance sur les chutes chez les aînés au Canada*. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/vie-saine/rapport-surveillance-chutes-aines-canada.html#aref>
- Agnus Tom, A., Rajkumar, E., John, R., & Joshua George, A. (2022). Determinants of quality of life in individuals with chronic low back pain: a systematic review. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 10(1), 124-144. <https://doi.org/10.1080/21642850.2021.2022487>
- Airaksinen, O., Brox, J. I., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., ... Ursin, H. (2006). European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *European spine journal*, 15(Suppl 2), s192. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-1072-1>
- Akhtar, M. W., Karimi, H., & Gilani, S. A. (2017). Effectiveness of core stabilization exercises and routine exercise therapy in management of pain in chronic non-specific low back pain: A randomized controlled clinical trial. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 33(4), 1002-1006. <https://doi.org/10.12669/pjms.334.12664>
- Alexander, K. M., & Kinney LaPier, T. L. (1998). Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 28(6), 378-383. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.28.6.378>
- Allum, J., Bloem, B., Carpenter, M., Hulliger, M., & Hadders-Algra, M. (1998). Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait & posture*, 8(3), 214-242. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(98\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(98)00027-7)
- Alshahrani, A., Reddy, R. S., & Ravi, S. K. (2025). Chronic low back pain and postural instability: interaction effects of pain severity, age, BMI, and disability. *Frontiers in Public Health*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1497079>
- Amoud, H., Abadi, M., Hewson, D. J., Michel-Pellegrino, V., Doussot, M., & Duchêne, J. (2007). Fractal time series analysis of postural stability in elderly and control subjects. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 4, 1-12. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-4-12>

- Anders, C., & Hübner, A. (2019). Influence of elastic lumbar support belts on trunk muscle function in patients with non-specific acute lumbar back pain. *PloS one*, 14(1), e0211042. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211042>
- Arashanapalli, M., & Wilson, S. (2008). Paraspinal muscle vibration alters dynamic motion of the trunk. <https://doi.org/10.1115/1.2898734>
- Arnold, N., Wilson, O., & Thompson, L. (2024). Virtual Reality Training Affects Center of Pressure (COP)-Based Balance Parameters in Older Individuals. *Applied Sciences*, 14(16), 7182. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/16/7182>
- Avin, K. G., & Frey Law, L. A. (2011). Age-related differences in muscle fatigue vary by contraction type: a meta-analysis. *Physical therapy*, 91(8), 1153-1165. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100333>
- Azadinia, F., Ebrahimi-Takamjani, I., Kamyab, M., Asgari, M., & Parnianpour, M. (2019a). Effects of lumbosacral orthosis on dynamical structure of center of pressure fluctuations in patients with non-specific chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(4), 930-936. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.014>
- Azadinia, F., Ebrahimi-Takamjani, I., Kamyab, M., Asgari, M., & Parnianpour, M. (2019b). Immediate Effects of Lumbosacral Orthosis on Postural Stability in Patients with Low Back Pain: A Preliminary Study. *The Archives of Bone and Joint Surgery*, 7(4), 360-366. <https://europepmc.org/article/MED/31448314>
- Azadinia, F., Ebrahimi-Takamjani, I., Kamyab, M., Parnianpour, M., & Asgari, M. (2017). A RCT comparing lumbosacral orthosis to routine physical therapy on postural stability in patients with chronic low back pain. *Med J Islam Repub Iran*, 31, 26. <https://doi.org/10.18869/mjiri.31.26>
- Azadinia, F., Kingma, I., & Mazaheri, M. (2023). Effect of external lumbar supports on joint position sense, postural control, and postural adjustment: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 45(5), 753-771. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2043464>
- Baecke, J. A., Burema, J., & Frijters, J. E. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr*, 36(5), 936-942. <https://doi.org/10.1093/ajcn/36.5.936>
- Baldrige, J. C., & King, A. C. (2020). *Center of Pressure Position and Velocity Control During Single Leg Standing on Sloped Surfaces*. International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings. <https://digitalcommons.wku.edu/ijesab/vol2/iss12/91>
- Barker, P. J., Guggenheimer, K. T., Grkovic, I., Briggs, C. A., Jones, D. C., Thomas, C. D. L., & Hodges, P. W. (2006). Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension: Young Investigator Award winner. *Spine*, 31(4), 397-405. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000195869.18844.56>
- Bell, T., Pope, C., Fazeli, P., Crowe, M., & Ball, K. (2021). The association of persistent low back pain with older adult falls and collisions: a longitudinal analysis. *Journal of applied gerontology*, 40(11), 1455-1464. <https://doi.org/10.1177/0733464820966517>
- Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl*, 230, 1-54. <https://doi.org/10.3109/17453678909154177>

- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine (Phila Pa 1976)*, 9(2), 106-119. <https://doi.org/10.1097/00007632-198403000-00002>
- Björkstén, M., & Jonsson, B. (1977). Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 23-27. <http://www.jstor.org/stable/40964608>
- Bleuse, S., Cassim, F., Blatt, J.-L., Labyt, E., Derambure, P., Guieu, J.-D., & Defebvre, L. (2006). Effect of age on anticipatory postural adjustments in unilateral arm movement. *Gait & posture*, 24(2), 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.09.001>
- Boisgontier, M. P., Beets, I. A., Duysens, J., Nieuwboer, A., Krampe, R. T., & Swinnen, S. P. (2013). Age-related differences in attentional cost associated with postural dual tasks: increased recruitment of generic cognitive resources in older adults. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(8), 1824-1837. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.07.014>
- Bojairami, I. E., & Driscoll, M. (2022). Coordination Between Trunk Muscles, Thoracolumbar Fascia, and Intra-Abdominal Pressure Toward Static Spine Stability. *Spine*, 47(9), E423-E431. <https://doi.org/10.1097/brs.00000000000004223>
- Boucher, J. A., Roy, N., Preuss, R., & Larivière, C. (2017). The effect of two lumbar belt designs on trunk repositioning sense in people with and without low back pain. *Ann Phys Rehabil Med*, 60(5), 306-311. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.03.002>
- Bourque, M. (2015). *Guide d'administration et de cotation du MMSE (Mini-Mental State Examination) de Folstein ou MEEM (Mini-Examen de l'État Mental)*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2467475>
- Brown, L. A., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1999). Attentional demands and postural recovery: the effects of aging. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 54(4), M165-M171. <https://doi.org/10.1093/gerona/54.4.M165>
- Brumagne, S., Cordo, P., Lysens, R., Verschueren, S., & Swinnen, S. (2000). The Role of Paraspinal Muscle Spindles in Lumbosacral Position Sense in Individuals With and Without Low Back Pain. *Spine*, 25, 989-994. <https://doi.org/10.1097/00007632-200004150-00015>
- Brumagne, S., Cordo, P., & Verschueren, S. (2004). Proprioceptive weighting changes in persons with low back pain and elderly persons during upright standing. *Neuroscience letters*, 366(1), 63-66. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.05.013>
- Brumagne, S., Janssens, L., Knapen, S., Claeys, K., & Suuden-Johanson, E. (2008). Persons with recurrent low back pain exhibit a rigid postural control strategy. *European Spine Journal*, 17, 1177-1184. <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0709-7>
- Brumitt, J., Matheson, J. W., & Meira, E. P. (2013). Core Stabilization Exercise Prescription, Part I: Current Concepts in Assessment and Intervention. *Sports Health*, 5(6), 504-509. <https://doi.org/10.1177/1941738113502451>
- Burns, E., & Kakara, R. (2018). Deaths from falls among persons aged ≥ 65 years—United States, 2007–2016. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67, 509-514. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6718a1>

- Burns, E., Stevens, J. A., & Lee, R. (2016). The direct costs of fatal and non-fatal falls among older adults—United States. *Journal of safety research*, 58, 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.05.001>
- Caffaro, R. R., França, F. J. R., Burke, T. N., Magalhães, M. O., Ramos, L. A. V., & Marques, A. P. (2014). Postural control in individuals with and without non-specific chronic low back pain: a preliminary case-control study. *European spine journal*, 23, 807-813. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3243-9>
- Calmels, P., Queneau, P., Hamonet, C., Le Pen, C., Maurel, F., Lerouvreur, C., & Thoumie, P. (2009). Effectiveness of a lumbar belt in subacute low back pain: an open, multicentric, and randomized clinical study. *Spine*, 34(3), 215-220. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819577dc>
- Campolettano, E. T., Madigan, M. L., & Rowson, S. (2020). Reliability of center of pressure-based measures during dual-task postural control testing in a youth population. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 1036-1043. <https://doi.org/10.26603/ijsppt20201036>
- Castilho, A. R., de Oliveira, M. r. R. r., Fabrin, L. F., de Souza, P. A., da Silva, R. S., & da Silva, R. A. (2018). Influence of cognitive mental state on postural balance of older people / Influência do Estado Mental Cognitivo no Equilíbrio Postural de Idosos. *Journal of Health Sciences*, 20(3), 190-194. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2018v20n3p190-194>
- Childs, J. D., Piva, S. R., & Fritz, J. M. (2005). Responsiveness of the numeric pain rating scale in patients with low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 30(11), 1331-1334. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000164099.92112.29>
- Cholewicki, J. (2004). The effects of lumbosacral orthoses on spine stability: what changes in EMG can be expected? *Journal of orthopaedic research*, 22(5), 1150-1155. <https://doi.org/10.1016/j.orthres.2004.01.009>
- Cholewicki, J., Juluru, K., & McGill, S. M. (1999). Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of biomechanics*, 32(1), 13-17. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(98\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(98)00129-8)
- Cholewicki, J., Juluru, K., Radebold, A., Panjabi, M. M., & McGill, S. M. (1999). Lumbar spine stability can be augmented with an abdominal belt and/or increased intra-abdominal pressure. *Eur Spine J*, 8(5), 388-395. <https://doi.org/10.1007/s005860050192>
- Cholewicki, J., Lee, A. S., Peter Reeves, N., & Morrisette, D. C. (2010). Comparison of trunk stiffness provided by different design characteristics of lumbosacral orthoses. *Clinical Biomechanics*, 25(2), 110-114. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.10.010>
- Cholewicki, J., McGill, K. C., Shah, K. R., & Lee, A. S. (2010). Research article The effects of a three-week use of lumbosacral orthoses on trunk muscle activity and on the muscular response to trunk perturbations. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-154>
- Cholewicki, J., Reeves, N. P., Everding, V. Q., & Morrisette, D. C. (2007). Lumbosacral orthoses reduce trunk muscle activity in a postural control task. *J Biomech*, 40(8), 1731-1736. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.08.005>
- Cholewicki, J., Shah, K. R., & McGill, K. C. (2006). The effects of a 3-week use of lumbosacral orthoses on proprioception in the lumbar spine. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(4), 225-231. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.36.4.225>

- Chung, S.-y., & Kim, S.-y. (2022). Comparison of the Effects of Pelvic Compression Using Instruments on Trunk Muscle Endurance and Balance Ability in Subjects in Their Twenties With or Without Low Back Pain. *Physical Therapy Korea*, 29(2), 156-164. <https://doi.org/10.12674/ptk.2022.29.2.156>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). Lawrence Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Collins, J. J., & De Luca, C. J. (1993). Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Experimental brain research*, 95, 308-318. <https://doi.org/10.1007/BF00229788>
- Corbeil, P., Blouin, J. S., & Teasdale, N. (2004). Effects of intensity and locus of painful stimulation on postural stability. *Pain*, 108(1-2), 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2003.12.001>
- Crisco, J. J., 3rd, & Panjabi, M. M. (1992). Euler stability of the human ligamentous lumbar spine. Part I: Theory. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 7(1), 19-26. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(92\)90003-m](https://doi.org/10.1016/0268-0033(92)90003-m)
- Cyma, M., Marciniak, K., Tomczak, M., & Stemplewski, R. (2018). Postural stability and physical activity of workers working at height. *American journal of men's health*, 12(4), 1068-1073. <https://doi.org/10.1177/1557988318774996>
- da Conceição, N. R., de Sousa, P. N., Pereira, M. P., Gobbi, L. T. B., & Vitória, R. (2019). Utility of center of pressure measures during obstacle crossing in prediction of fall risk in people with Parkinson's disease. *Human movement science*, 66, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.03.010>
- Get rights and content
- da Silva, L. D., Shiel, A., Sheahan, J., & McIntosh, C. (2022). Six weeks of Pilates improved functional mobility, postural balance and spatiotemporal parameters of gait to decrease the risk of falls in healthy older adults. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 29, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.06.014>
- da Silva, R. A., Bilodeau, M., Parreira, R. B., Teixeira, D. C., & Amorim, C. F. (2013). Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 634-639. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.01.008>
- da Silva, R. A., Vieira, E. R., Cabrera, M., Altimari, L. R., Aguiar, A. F., Nowotny, A. H., ... Oliveira, M. R. (2015). Back muscle fatigue of younger and older adults with and without chronic low back pain using two protocols: a case-control study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(6), 928-936. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.10.003>
- da Silva, R. A., Vieira, E. R., Carvalho, C. E., Oliveira, M. R., Amorim, C. F., & Neto, E. N. (2016). Age-related differences on low back pain and postural control during one-leg stance: a case-control study. *European Spine Journal* 25(4), 1251-1257. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4255-9>
- da Silva, R. A., Vieira, E. R., Fernandes, K. B. P., Andraus, R. A., Oliveira, M. R., Sturion, L. A., & Calderon, M. G. (2018). People with chronic low back pain have poorer balance than controls in challenging tasks. *Disability and Rehabilitation*, 40(11), 1294-1300. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1294627>

- da Silva, R. A., Vieira, E. R., Léonard, G., Beaulieu, L.-D., Ngomo, S., Nowotny, A. H., & Amorim, C. F. (2019). Age- and low back pain-related differences in trunk muscle activation during one-legged stance balance task. *Gait & Posture*, 69, 25-30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.016>
- Dailey, A. T., Ghogawala, Z., Choudhri, T. F., Watters, W. C., 3rd, Resnick, D. K., Sharan, A., ... Kaiser, M. G. (2014). Guideline update for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 14: brace therapy as an adjunct to or substitute for lumbar fusion. *Journal of Neurosurgery: Spine SPI*, 21(1), 91-101. <https://doi.org/10.3171/2014.4.Spine14282>
- Davarian, S., Maroufi, N., Ebrahimi, I., Farahmand, F., & Parnianpour, M. (2012). Trunk muscles strength and endurance in chronic low back pain patients with and without clinical instability. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 25(2), 123-129. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0320>
- Davidson, B. S., Madigan, M. L., & Nussbaum, M. A. (2004). Effects of lumbar extensor fatigue and fatigue rate on postural sway. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 183-189. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1195-1>
- de Oliveira, F. C. L., Lariviere, C., Dallaire, M., Mecheri, H., Ngomo, S., & da Silva, R. A. (2022). Immediate Effect of Lumbosacral Orthosis and Abdominal Drawing-In Maneuver on Postural Control in Adults With Nonspecific Chronic Low Back Pain. *J Manipulative Physiol Ther*, 45(6), 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2022.09.005>
- de Souza, I. M. B., Sakaguchi, T. F., Yuan, S. L. K., Matsutani, L. A., do Espírito-Santo, A. S., Pereira, C. A. B., & Marques, A. P. (2019). Prevalence of low back pain in the elderly population: a systematic review. *Clinics (Sao Paulo)*, 74, e789. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e789>
- Deandrea, S., Lucenteforte, E., Bravi, F., Foschi, R., La Vecchia, C., & Negri, E. (2010). Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*, 21(5), 658-668. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181e89905>
- della Volpe, R., Popa, T., Ginanneschi, F., Spidalieri, R., Mazzocchio, R., & Rossi, A. (2006). Changes in coordination of postural control during dynamic stance in chronic low back pain patients. *Gait & Posture*, 24(3), 349-355. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.10.009>
- Deyo, R. A., Dworkin, S. F., Amtmann, D., Andersson, G., Borenstein, D., Carragee, E., ... DeLitto, A. (2015). Report of the NIH Task Force on research standards for chronic low back pain. *Physical therapy*, 95(2), e1-e18. <https://doi.org/10.2522/ptj.2015.95.2.e1>
- Dionne, C. E., Dunn, K. M., & Croft, P. R. (2006). Does back pain prevalence really decrease with increasing age? A systematic review. *Age and Ageing*, 35(3), 229-234. <https://doi.org/10.1093/ageing/afj055>
- Dionne, C. E., Dunn, K. M., Croft, P. R., Nachemson, A. L., Buchbinder, R., Walker, B. F., ... Leboeuf-Yde, C. (2008). A consensus approach toward the standardization of back pain definitions for use in prevalence studies. *Spine*, 33(1), 95-103. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815e7f94>

- Doherty, T. J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 95(4), 1717-1727. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00347.2003>
- Dominguez, L. (2020). Postural control and perturbation response in aging populations: Fall risk implications. *Journal of Neurophysiology*, 124(5), 1309-1311. <https://doi.org/10.1152/jn.00767.2019>
- Doyle, T. L., Newton, R. U., & Burnett, A. F. (2005). Reliability of traditional and fractal dimension measures of quiet stance center of pressure in young, healthy people. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(10), 2034-2040. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.05.014>
- Duncan, P. W., Studenski, S., Chandler, J., Bloomfeld, R., & LaPointe, L. K. (1990). Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing. *Physical Therapy*, 70(2), 88-96. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.2.88>
- Dutta, C. (1997). Significance of Sarcopenia in the Elderly¹. *The Journal of Nutrition*, 127(5), 992S-993S. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jn/127.5.992S>
- Enthoven, P., Skargren, E., Kjellman, G., & Oberg, B. (2003). Course of back pain in primary care: a prospective study of physical measures. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35(4), 168-173. <https://doi.org/10.1080/16501970306124>
- Eriksson Crommert, M., Unsgaard-Tøndel, M., & Vasseljen, O. (2017). Can Sonography Be Used to Estimate Deep Abdominal Muscle Activation in Different Static Arm Positions While Standing? *Journal of Ultrasound Medicine*, 36(1), 129-139. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.12057>
- FasterCapital. (2024a, 10 jun). *Effect Size: Measuring ANOVA's Practical Importance*. Repéré le 29 jun à <https://fastercapital.com/content/Effect-Size--Measuring-ANOVA-s-Practical-Importance.html>
- FasterCapital. (2024b, 6 jun). *Effect size: Measuring the Magnitude of Two Way ANOVA Effects*. Repéré le 29 jun à <https://fastercapital.com/content/Effect-size--Measuring-the-Magnitude-of-Two-Way-ANOVA-Effects.html>
- Fatoye, F., Gebrye, T., & Odeyemi, I. (2019). Real-world incidence and prevalence of low back pain using routinely collected data. *Rheumatology International*, 39(4), 619-626. <https://doi.org/10.1007/s00296-019-04273-0>
- Fehlings, M. G., Tetreault, L., Nater, A., Choma, T., Harrop, J., Mroz, T., ... Smith, J. S. (2015). The aging of the global population: the changing epidemiology of disease and spinal disorders. *Neurosurgery*, 77, S1-S5. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000953>
- Ferlinc, A., Fabiani, E., Velnar, T., & Gradisnik, L. (2019). The importance and role of proprioception in the elderly: a short review. *Materia socio-medica*, 31(3), 219. <https://doi.org/10.5455/msm.2019.31.219-221>
- Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., Maher, C. G., Herbert, R. D., & Refshauge, K. (2006). Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: a systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy*, 52(2), 79-88. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(06\)70043-5](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(06)70043-5)
- Florindo, A. A., & Latorre, M. d. R. D. d. O. (2003). Validation and reliability of the Baecke questionnaire for the evaluation of habitual physical activity in adult men. *Revista*

- Brasileira de Medicina do Esporte*, 9, 129-135. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922003000300002>
- Fouquet, B., & Trehorel, L. (2024). Conséquences économiques des lombalgies chroniques. *Revue du Rhumatisme*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rhum.2024.06.015>
- Garcez, D. R., da Silva Almeida, G. C., Silva, C. F. O., de Souza Nascimento, T., de Athayde Costa e Silva, A., Kleiner, A. F. R., ... Callegari, B. (2021). Postural adjustments impairments in elderly people with chronic low back pain. *Scientific Reports*, 11(1), 4783. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83837-2>
- Gardner-Morse, M. G., & Stokes, I. A. (2001). Trunk stiffness increases with steady-state effort. *J Biomech*, 34(4), 457-463. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00226-8](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00226-8)
- Ge, L., Wang, C., Zhou, H., Yu, Q., & Li, X. (2021). Effects of low back pain on balance performance in elderly people: a systematic review and meta-analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s11556-021-00263-z>
- Granacher, U., Bridenbaugh, S. A., Muehlbauer, T., Wehrle, A., & Kressig, R. W. (2011). Age-related effects on postural control under multi-task conditions. *Gerontology*, 57(3), 247-255. <https://doi.org/10.1159/000322196>
- Granata, K. P., & Gottipati, P. (2008). Fatigue influences the dynamic stability of the torso. *Ergonomics*, 51(8), 1258-1271. <https://doi.org/10.1080/00140130802030722>
- Granata, K. P., Slota, G. P., & Wilson, S. E. (2004). Influence of fatigue in neuromuscular control of spinal stability. *Human Factors*, 46(1), 81-91. <https://doi.org/10.1518/hfes.46.1.81.30391>
- Hagiwara, Y., Yabe, Y., Yamada, H., Watanabe, T., Kanazawa, K., Koide, M., ... Itoi, E. (2017). Effects of a wearable type lumbosacral support for low back pain among hospital workers: A randomized controlled trial. *Journal of Occupational Health*, 59(2), 201-209. <https://doi.org/10.1539/joh.16-0203-OA>
- Hammill, R. R., Beazell, J. R., & Hart, J. M. (2008). Neuromuscular consequences of low back pain and core dysfunction. *Clinics in sports medicine*, 27(3), 449-462. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2008.02.005>
- Hamonet, C., Calmels, P., Thoumie, P., Avouac, B., Pen, C. I., Maurel, F., ... Queneau, P. (2008). La ceinture lombaire (Lombacross activity) plus efficace que le médicament. Résultats d'une étude randomisée multicentrique avec suivi sur trois mois. *Journal of Magnetic Resonance*, 28, 48-52. <https://doi.org/10.1016/j.jmr.2008.06.024>
- Hamonet, C., Deye, M., & Staub, H. (2007). Mal de dos et ceinture lombo abdomino pelvienne : résultats d'une enquête auprès de 108 personnes. *Journal de Réadaptation Médicale : Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation*, 27(2), 69-70. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0242-648X\(07\)78381-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0242-648X(07)78381-0)
- Harringe, M., Halvorsen, K., Renström, P., & Werner, S. (2008). Postural control measured as the center of pressure excursion in young female gymnasts with low back pain or lower extremity injury. *Gait & posture*, 28(1), 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.09.011>

- Hartvigsen, J., Christensen, K., & Frederiksen, H. (2003). Back pain remains a common symptom in old age. A population-based study of 4486 Danish twins aged 70–102. *European Spine Journal*, 12(5), 528-534. <https://doi.org/10.1007/s00586-003-0542-y>
- Hartvigsen, J., Hancock, M. J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M. L., Genevay, S., ... Woolf, A. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*, 391(10137), 2356-2367. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30480-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30480-X)
- Hartvigsen, J., Natvig, B., & Ferreira, M. (2013). Is it all about a pain in the back? *Best practice & research Clinical rheumatology*, 27(5), 613-623. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2013.09.008>
- Hides, J., Wilson, S., Stanton, W., McMahon, S., Keto, H., McMahon, K., ... Richardson, C. (2006). An MRI Investigation Into the Function of the Transversus Abdominis Muscle During “Drawing-In” of the Abdominal Wall. *Spine*, 31(6). https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/2006/03150/An_MRI_Investigation_Into_the_Function_of_the.22.aspx
- Hides, J. A., Stokes, M. J., Saide, M., Jull, G. A., & Cooper, D. H. (1994). Evidence of Lumbar Multifidus Muscle Wasting Ipsilateral to Symptoms in Patients with Acute/Subacute Low Back Pain. *Spine*, 19(2), 165-172. https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/1994/01001/evidence_of_lumbar_multifidus_muscle_wasting.9.aspx
- Hlaing, S. S., Puntumetakul, R., Khine, E. E., & Boucaut, R. (2021). Effects of core stabilization exercise and strengthening exercise on proprioception, balance, muscle thickness and pain related outcomes in patients with subacute nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 22, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04858-6>
- Hlaing, S. S., Puntumetakul, R., Wanpen, S., & Boucaut, R. (2020). Balance Control in Patients with Subacute Non-Specific Low Back Pain, with and without Lumbar Instability: A Cross-Sectional Study. *Journal of Pain Research*, 13(null), 795-803. <https://doi.org/10.2147/JPR.S232080>
- Hodges, P. W., Pengel, L. H., Herbert, R. D., & Gandevia, S. C. (2003). Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve*, 27(6), 682-692. <https://doi.org/10.1002/mus.10375>
- Horak, F. B. (1987). Clinical measurement of postural control in adults. *Physical therapy*, 67(12), 1881-1885. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.12.1881>
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*, 35 Suppl 2, ii7-ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/af077>
- Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of neurophysiology*, 55(6), 1369-1381. <https://doi.org/10.1152/jn.1986.55.6.1369>
- Howcroft, J., Lemaire, E. D., Kofman, J., & McIlroy, W. E. (2017). Elderly fall risk prediction using static posturography. *PLoS one*, 12(2), e0172398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172398>

- Huxhold, O., Li, S.-C., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain research bulletin*, 69(3), 294-305. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2006.01.002>
- Institut de la statistique du Québec. (2022). *Vitrine sur le vieillissement de la population et les personnes âgées: Effectifs et proportions de différents groupes d'âge*. Repéré le 15 septembre à <https://statistique.quebec.ca/vitrine/vieillessement/themes/population/effectifs-proportions-groupes-age>
- Ito, T., Sakai, Y., Morita, Y., Yamazaki, K., Igarashi, K., Nishio, R., & Sato, N. (2018). Proprioceptive Weighting Ratio for Balance Control in Static Standing Is Reduced in Elderly Patients With Non-Specific Low Back Pain. *Spine*, 43(24), 1704-1709. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000002817>
- Ito, T., Sakai, Y., Yamazaki, K., Igarashi, K., Sato, N., Yokoyama, K., & Morita, Y. (2017). Proprioceptive change impairs balance control in older patients with low back pain. *J Phys Ther Sci*, 29(10), 1788-1792. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1788>
- Ivanenko, Y., & Gurfinkel, V. S. (2018). Human Postural Control. *Frontiers in Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00171>
- James, S. L., Abate, D., Abate, K. H., Abay, S. M., Abbafati, C., Abbasi, N., ... Murray, C. J. L. (2018). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 392(10159), 1789-1858. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32279-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32279-7)
- James, S. L., Lucchesi, L. R., Bisignano, C., Castle, C. D., Dingels, Z. V., Fox, J. T., ... Liu, Z. (2020). The global burden of falls: global, regional and national estimates of morbidity and mortality from the Global Burden of Disease Study 2017. *Injury prevention*, 26(Suppl 2), i3-i11. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2019-043286>
- Jellema, P., van Tulder, M. W., van Poppel, M. N., Nachemson, A. L., & Bouter, L. M. (2001). Lumbar supports for prevention and treatment of low back pain: a systematic review within the framework of the Cochrane Back Review Group. *Spine (Phila Pa 1976)*, 26(4), 377-386. <https://doi.org/10.1097/00007632-200102150-00014>
- Jensen, M. P., & McFarland, C. A. (1993). Increasing the reliability and validity of pain intensity measurement in chronic pain patients. *Pain*, 55(2), 195-203. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90148-i](https://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90148-i)
- Johanson, E., Brumagne, S., Janssens, L., Pijnenburg, M., Claeys, K., & Pääsuke, M. (2011). The effect of acute back muscle fatigue on postural control strategy in people with and without recurrent low back pain. *Eur Spine J*, 20(12), 2152-2159. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1825-3>
- Jones, S. L., Henry, S. M., Raasch, C. C., Hitt, J. R., & Bunn, J. Y. (2012). Individuals with non-specific low back pain use a trunk stiffening strategy to maintain upright posture. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1), 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.10.006>
- Kadri, M. A., Chevalier, G., Mecheri, H., Ngomo, S., Lavallière, M., da Silva, R. A., & Beaulieu, L.-D. (2020). Time course and variability of tendinous vibration-induced postural

- reactions in forward and backward directions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 51, 102386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102386>
- Kadri, M. A., Violette, M., Dallaire, M., de Oliveira, F. C. L., Lavalliere, M., Ngomo, S., ... da Silva, R. A. (2021). The immediate effect of two lumbar stabilization methods on postural control parameters and their reliability during two balance tasks. *J Man Manip Ther*, 29(4), 235-243. <https://doi.org/10.1080/10669817.2020.1864961>
- Kanekar, N., & Aruin, A. S. (2014). The effect of aging on anticipatory postural control. *Experimental brain research*, 232(4), 1127-1136. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3822-3>
- Karimi, N., Ebrahimi, I., Kahrizi, S., & Torkaman, G. (2008). Evaluation of postural balance using the biodex balance system in subjects with and without low back pain. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 24(3), 372. https://applications.emro.who.int/imemrf/Pak_J_Med_Sci_2008_24_3_372_377.pdf
- Kherad, M., Rosengren, B. E., Hasserius, R., Nilsson, J.-Å., Redlund-Johnell, I., Ohlsson, C., ... Karlsson, M. K. (2017). Risk factors for low back pain and sciatica in elderly men—the MrOS Sweden study. *Age and Ageing*, 46(1), 64-71. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw152>
- Kiemel, T., Zhang, Y., & Jeka, J. J. (2011). Identification of neural feedback for upright stance in humans: stabilization rather than sway minimization. *Journal of Neuroscience*, 31(42), 15144-15153. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1013-11.2011>
- Kienbacher, T., Paul, B., Habenicht, R., Starek, C., Wolf, M., Kollmitzer, J., ... Ebenbichler, G. (2015). Age and gender related neuromuscular changes in trunk flexion-extension. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-12-3>
- Kikuchi, S., Togo, K., Ebata, N., Fujii, K., Yonemoto, N., Abraham, L., & Katsuno, T. (2021). A retrospective database study of gastrointestinal events and medical costs associated with nonsteroidal anti-inflammatory drugs in Japanese patients of working age with osteoarthritis and chronic low back pain. *Pain Medicine*, 22(5), 1029-1038. <https://doi.org/10.1093/pm/pnaa421>
- Knox, M. F., Chipchase, L. S., Schabrun, S. M., Romero, R. J., & Marshall, P. W. (2018). Anticipatory and compensatory postural adjustments in people with low back pain: a systematic review and meta-analysis. *The Spine Journal*, 18(10), 1934-1949. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.06.008>
- Kobuke, Y., Abe, Y., Ye, Z., Honda, S., Tomita, M., Osaki, M., & Aoyagi, K. (2009). Association of Age, Obesity, Joint Pain, and Chewing Ability with Chair Stand Difficulty among Community-dwelling Elderly People in Nagasaki, Japan. *Acta Medica Nagasakiensia*, 53(3), 65-68. <https://doi.org/10.11343/amn.53.65>
- König, M., Epro, G., Seeley, J., Potthast, W., & Karamanidis, K. (2019). Retention and generalizability of balance recovery response adaptations from trip perturbations across the adult life span. *Journal of neurophysiology*, 122(5), 1884-1893. <https://doi.org/10.1152/jn.00380.2019>
- Kuo, Y.-L., Huang, K.-Y., Chiang, P.-T., Lee, P.-Y., & Tsai, Y.-J. (2015). Steadiness of Spinal Regions during Single-Leg Standing in Older Adults with and without Chronic Low Back Pain. *PLOS ONE*, 10(5), e0128318. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128318>

- Kuukkanen, T. M., & Mälkiä, E. A. (2000). An experimental controlled study on postural sway and therapeutic exercise in subjects with low back pain. *Clinical rehabilitation*, 14(2), 192-202. <https://doi.org/10.1191/026921500667300454>
- Ladislao, L., & Fioretti, S. (2007). Nonlinear analysis of posturographic data. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 45(7), 679-688. <https://doi.org/10.1007/s11517-007-0213-y>
- Lafond, D., Champagne, A., Descarreaux, M., Dubois, J.-D., Prado, J. M., & Duarte, M. (2009). Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait & posture*, 29(3), 421-427. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.10.064>
- Larivière, C. (2016). *Développement préliminaire d'une règle de prédiction clinique pour dépister les patients ayant une lombalgie non aiguë répondant favorablement à un programme d'exercice de stabilisation lombaire (Rapport n° R-935)*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique/176>
- Lariviere, C., Boucher, J. A., Mecheri, H., & Ludvig, D. (2019). Maintaining Lumbar Spine Stability: A Study of the Specific and Combined Effects of Abdominal Activation and Lumbosacral Orthosis on Lumbar Intrinsic Stiffness. *J Orthop Sports Phys Ther*, 49(4), 262-271. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8565>
- Larivière, C., Caron, J. M., Preuss, R., & Mecheri, H. (2014). The effect of different lumbar belt designs on the lumbopelvic rhythm in healthy subjects. *BMC Musculoskelet Disord*, 15, 307. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-307>
- Larivière, C., Kearney, R., Hakim, M., Ludvig, D., Shirazi-Adl, A., & Gagnon, D. (2012). *Évaluation biomécanique des déterminants de la stabilité lombaire-Étude exploratoire (Rapport n° R-742)*. Institut de Recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique/299>
- Larivière, C., Ludvig, D., Kearney, R., Mecheri, H., Caron, J.-M., & Preuss, R. (2015). Identification of intrinsic and reflexive contributions to low-back stiffness: medium-term reliability and construct validity. *Journal of biomechanics*, 48(2), 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.11.036>
- Larivière, C., & Preuss, R. (2021). The effect of extensible and non-extensible lumbosacral orthoses on anticipatory postural adjustments in participants with low back pain and healthy controls. *Musculoskeletal Science and Practice*, 55, 102421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102421>
- Larivière, C., Sullivan, M., Preuss, R., & Negrini, A. (2018). *Effets psychologiques et biomécaniques immédiats de deux catégories de ceintures lombaires chez des travailleurs en santé et des travailleurs avec maux de dos (Rapport n° R-997)*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique/138>
- Leboeuf-Yde, C., Nielsen, J., Kyvik, K. O., Fejer, R., & Hartvigsen, J. (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. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-39>
- Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 14(1), 84-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.001>

- Lee, D. J., Ahmed, S. A., Tang, O. Y., Yang, D. S., Alsoof, D., McDonald, C. L., ... Daniels, A. H. (2022). Comparative Effectiveness of Sacroiliac Belt versus Lumbar Orthosis Utilization on Nonspecific Low Back Pain: a Crossover Randomized Clinical Trial. *Orthop Rev (Pavia)*, 14(3), 37471. <https://doi.org/10.52965/001c.37471>
- Lee, T.-R., Kim, Y. H., & Sung, P. S. (2010). Spectral and entropy changes for back muscle fatigability following spinal stabilization exercises. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 47(2). <https://doi.org/10.1682/JRRD.2009.07.0088>
- Lee, Y.-J., Chen, B., & Aruin, A. S. (2015). Older adults utilize less efficient postural control when performing pushing task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(6), 966-972. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.09.002>
- Leitner, C., Mair, P., Paul, B., Wick, F., Mittermaier, C., Sycha, T., & Ebenbichler, G. (2009). Reliability of posturographic measurements in the assessment of impaired sensorimotor function in chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(3), 380-390. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.09.007>
- Liang, M. H., Fossel, A. H., & Larson, M. G. (1990). Comparisons of Five Health Status Instruments for Orthopedic Evaluation. *Medical Care*, 28(7), 632-642. <https://doi.org/10.1097/00005650-199007000-00008>
- Lihavainen, K., Sipilä, S., Rantanen, T., Sihvonen, S., Sulkava, R., & Hartikainen, S. (2010). Contribution of Musculoskeletal Pain to Postural Balance in Community-Dwelling People Aged 75 Years and Older. *The Journals of Gerontology: Series A*, 65A(9), 990-996. <https://doi.org/10.1093/gerona/gdq052>
- Lopes, S., Correia, C., Félix, G., Lopes, M., Cruz, A., & Ribeiro, F. (2017). Immediate effects of Pilates based therapeutic exercise on postural control of young individuals with non-specific low back pain: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in medicine*, 34, 104-110. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.08.006>
- Lord, S. R., Delbaere, K., & Sturnieks, D. L. (2018). Aging. *Handb Clin Neurol*, 159, 157-171. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63916-5.00010-0>
- Low, D. C., Walsh, G. S., & Arkesteijn, M. (2017). Effectiveness of exercise interventions to improve postural control in older adults: a systematic review and meta-analyses of centre of pressure measurements. *Sports medicine*, 47, 101-112. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0559-0>
- Ludvig, D., Preuss, R., & Larivière, C. (2019). The effect of extensible and non-extensible lumbar belts on trunk muscle activity and lumbar stiffness in subjects with and without low-back pain. *Clinical Biomechanics*, 67, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.04.019>
- Luoto, S., Aalto, H., Taimela, S., Hurri, H., Pyykkö, I., & Alaranta, H. (1998). One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*, 23(19), 2081-2089; discussion 2089-2090. <https://doi.org/10.1097/00007632-199810010-00008>
- Luoto, S., Taimela, S., Hurri, H., Aalto, H., Pyykkö, I., & Alaranta, H. (1996). Psychomotor speed and postural control in chronic low back pain patients: a controlled follow-up study. *Spine*, 21(22), 2621-2627. <https://doi.org/10.1097/00007632-199611150-00012>

- Lussier, D., & Fadi, M. (2023). *Précis pratique de gériatrie Arcand-Hébert* (4). Edisem.
- Lynders, C. (2019). The Critical Role of Development of the Transversus Abdominis in the Prevention and Treatment of Low Back Pain. *The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*, 15(3), 214-220. <https://doi.org/10.1007/s11420-019-09717-8>
- Maher, C., Underwood, M., & Buchbinder, R. (2017). Non-specific low back pain. *The Lancet*, 389(10070), 736-747. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30970-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30970-9)
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (1997). The role of limb movements in maintaining upright stance: the “change-in-support” strategy. *Physical therapy*, 77(5), 488-507. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.5.488>
- Mancini, M., & Horak, F. B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 46(2), 239. https://www.researchgate.net/profile/Fay-Horak/publication/44613980_The_relevance_of_clinical_balance_assessment_tool_to_differentiate_balance_deficits/links/5681a99008ae051f9aec570c/The-relevance-of-clinical-balance-assessment-tool-to-differentiate-balance-deficits.pdf
- Mann, L., Kleinpaul, J. F., Pereira Moro, A. R., Mota, C. B., & Carpes, F. P. (2010). Effect of low back pain on postural stability in younger women: influence of visual deprivation. *J Bodyw Mov Ther*, 14(4), 361-366. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.06.007>
- Mannion, A. F., Käser, L., Weber, E., Rhyner, A., Dvorak, J., & Müntener, M. (2000). Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *European Spine Journal*, 9(4), 273-281. <https://doi.org/10.1007/s005860000189>
- Marshall, L. M., Litwack-Harrison, S., Makris, U. E., Kado, D. M., Cawthon, P. M., Deyo, R. A., ... Group, O. F. i. M. S. R. (2017). A prospective study of back pain and risk of falls among older community-dwelling men. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 72(9), 1264-1269. <https://doi.org/10.1093/gerona/glv225>
- Martins, M. R. I., Foss, M. H. D., Santos Junior, R. d., Zancheta, M., Pires, I. C., Cunha, A. M. R., ... Rocha, C. E. (2010). A eficácia da conduta do grupo de postura em pacientes com lombalgia crônica. *Rev Dor*, 11(2), 116-121.
- Massé-Alarie, H., Angarita-Fonseca, A., Lacasse, A., Pagé, M. G., Tétreault, P., Fortin, M., ... Consortium, Q. L. B. P. (2022). Low back pain definitions: effect on patient inclusion and clinical profiles. *Pain reports*, 7(2), e997. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000997>
- Massion, J. (1992). Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progress in neurobiology*, 38(1), 35-56. [https://doi.org/10.1016/0301-0082\(92\)90034-C](https://doi.org/10.1016/0301-0082(92)90034-C)
- Maurer, C., & Peterka, R. J. (2005). A new interpretation of spontaneous sway measures based on a simple model of human postural control. *Journal of neurophysiology*, 93(1), 189-200. <https://doi.org/10.1152/jn.00221.2004>
- Mazaheri, M., Coenen, P., Parnianpour, M., Kiers, H., & van Dieën, J. H. (2013). Low back pain and postural sway during quiet standing with and without sensory manipulation: a systematic review. *Gait Posture*, 37(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.06.013>

- Mazaheri, M., Salavati, M., Negahban, H., Sanjari, M. A., & Parnianpour, M. (2010). Postural sway in low back pain: Effects of dual tasks. *Gait & Posture*, 31(1), 116-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.009>
- McDonough, A. L., Batavia, M., Chen, F. C., Kwon, S., & Ziai, J. (2001). The validity and reliability of the GAITRite system's measurements: A preliminary evaluation. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(3), 419-425. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.19778>
- McNair, P. J., & Heine, P. J. (1999). Trunk proprioception: enhancement through lumbar bracing. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80(1), 96-99. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90314-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90314-3)
- Mehta, R., Cannella, M., Smith, S. S., & Silfies, S. P. (2010). Altered trunk motor planning in patients with nonspecific low back pain. *Journal of motor behavior*, 42(2), 135-144. <https://doi.org/10.1080/00222891003612789>
- Melzer, I., Benjuya, N., & Kaplanski, J. (2001). Age-Related Changes of Postural Control: Effect of Cognitive Tasks. *Gerontology*, 47(4), 189-194. <https://doi.org/10.1159/000052797>
- Melzer, I., Benjuya, N., & Kaplanski, J. (2004). Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing*, 33(6), 602-607. <https://doi.org/10.1093/ageing/afh218>
- Meyer, J. (2000). *Lombalgie et ceinture lombaire: Revue de la littérature. Documents pour le médecin du travail* (pp. 349-362) Institut national de recherche et de sécurité. <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TC%2079>
- Mi, J., Ye, J., Zhao, X., & Zhao, J. (2018). Effects of lumbosacral orthoses on postural control in individuals with or without non-specific low back pain. *Eur Spine J*, 27(1), 180-186. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5355-5>
- Miele, V. J., Panjabi, M. M., & Benzel, E. C. (2012). Chapter 2 - Anatomy and biomechanics of the spinal column and cord. Dans J. Verhaagen, & J. W. McDonald (Éds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 109, pp. 31-43). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52137-8.00002-4>
- Mientges, M., & Frank, J. (1999). Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clinical Biomechanics*, 14(10), 710-716. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(99\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(99)00025-X)
- Mohaghegh, S., & Hajian, M. (2021). Effects of a few minutes of abdominal drawing-in maneuver on balance test results. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 23(5), e188870. <https://doi.org/10.32592/ircmj.2021.23.5.774>
- Mok, N. W., Brauer, S. G., & Hodges, P. W. (2007). Failure to use movement in postural strategies leads to increased spinal displacement in low back pain. *Spine*, 32(19), E537-E543. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31814541a2>
- Mok, N. W., Brauer, S. G., & Hodges, P. W. (2011a). Changes in lumbar movement in people with low back pain are related to compromised balance. *Spine*, 36(1), E45-E52. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181dfce83>
- Mok, N. W., Brauer, S. G., & Hodges, P. W. (2011b). Postural recovery following voluntary arm movement is impaired in people with chronic low back pain. *Gait & posture*, 34(1), 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.021>

- Montesinos, L., Castaldo, R., & Pecchia, L. (2018). On the use of approximate entropy and sample entropy with centre of pressure time-series. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 15, 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12984-018-0465-9>
- Morrisette, D. C., Cholewicki, J., Logan, S., Seif, G., & McGowan, S. (2014). A randomized clinical trial comparing extensible and inextensible lumbosacral orthoses and standard care alone in the management of lower back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 39(21), 1733-1742. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000000521>
- Munoz, F., Rouboa, A. I., & Rougier, P. R. (2013). The balance control effects on sitting posture induced by lumbosacral orthosis wear vary depending on the level of stability. *Applied Ergonomics*, 44(4), 511-516. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.11.002>
- Munoz, F., Salmochi, J. F., Faouen, P., & Rougier, P. (2010). Low back pain sufferers: is standing postural balance facilitated by a lordotic lumbar brace? *Orthop Traumatol Surg Res*, 96(4), 362-366. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.01.003>
- Nardone, A., Grasso, M., & Schieppati, M. (2006). Balance control in peripheral neuropathy: are patients equally unstable under static and dynamic conditions? *Gait & posture*, 23(3), 364-373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.04.002>
- Newcomer, K., Laskowski, E. R., Yu, B., Johnson, J. C., & An, K.-N. (2001). The effects of a lumbar support on repositioning error in subjects with low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(7), 906-910. <https://doi.org/https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23281>
- Noamani, A., Riahi, N., Vette, A. H., & Rouhani, H. (2023). Clinical Static Balance Assessment: A Narrative Review of Traditional and IMU-Based Posturography in Older Adults and Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury. *Sensors (Basel)*, 23(21). <https://doi.org/10.3390/s23218881>
- Nogueira, J. F., Carrasco, A. C., Pelegrinelli, A. R. M., Guenka, L. C., Silva, M. F., Bela, L. F. D., ... Cardoso, J. R. (2020). Posturography comparison and discriminant analysis between individuals with and without chronic low back pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 43(5), 469-475. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.01.002>
- Nusbaum, L., Natour, J., Ferraz, M. B., & Goldenberg, J. (2001). Translation, adaptation and validation of the Roland-Morris questionnaire--Brazil Roland-Morris. *Braz J Med Biol Res*, 34(2), 203-210. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2001000200007>
- O'Sullivan, P. B., Burnett, A., Floyd, A. N., Gadsdon, K., Logiudice, J., Miller, D., & Quirke, H. (2003). Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine*, 28(10), 1074-1079. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000061990.56113.6F>
- Office québécois de la langue français. (2023). *personne âgée*. Consulté le 20 avril 2024 sur <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/17049404/personne-agee>
- Orakifar, N., Salehi, R., Yazdi, M., Mehravar, M., & Najarzadeh, Z. (2022). Comparison of proprioceptive postural control strategies between prolonged standing induced low back pain developers and non-low back pain developers. *Physiotherapy Theory and Practice*, 39, 1-10. <https://doi.org/10.1080/09593985.2021.2021571>
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Törmäkangas, T., & Rantanen, T. (2008). Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-

- dwelling women aged 63-76 years. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63(2), 171-178. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.2.171>
- Panjabi, M. M. (1992a). The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement. *Clinical Spine Surgery*, 5(4), 383-389. https://journals.lww.com/jspinaldisorders/fulltext/1992/12000/the_stabilizing_system_of_the_spine_part_i.1.aspx
- Panjabi, M. M. (1992b). The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Clinical Spine Surgery*, 5(4), 390-397. <https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00002>
- Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of electromyography and kinesiology*, 13(4), 371-379. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00044-0)
- Panjabi, M. M. (2006). A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *Eur Spine J*, 15(5), 668-676. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0925-3>
- Paolucci, T., Attanasi, C., Cecchini, W., Marazzi, A., Capobianco, S. V., & Santilli, V. (2019). Chronic low back pain and postural rehabilitation exercise: a literature review. *J Pain Res*, 12, 95-107. <https://doi.org/10.2147/jpr.S171729>
- Papegaaij, S., Taube, W., Baudry, S., Otten, E., & Hortobágyi, T. (2014). Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture. *Frontiers in aging neuroscience*, 6, 28. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00028>
- Parreira, R. B., Amorim, C. F., Gil, A. W., Teixeira, D. C., Bilodeau, M., & da Silva, R. A. (2013). Effect of trunk extensor fatigue on the postural balance of elderly and young adults during unipodal task. *European Journal of Applied Physiology*, 113(8), 1989-1996. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2627-6>
- Patel, M., Pavic, A., & Goodwin, V. A. (2020). Wearable inertial sensors to measure gait and posture characteristic differences in older adult fallers and non-fallers: A scoping review. *Gait & Posture*, 76, 110-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.10.039>
- Patla, A. E., Frank, J. S., & Winter, D. A. (1992). Balance control in the elderly: implications for clinical assessment and rehabilitation. *Canadian journal of public health= Revue canadienne de sante publique*, 83, S29-33.
- Perrot, A., Castanier, C., Maillot, P., & Zitari, H. (2018). French validation of the modified-falls efficacy scale (M-FES Fr). *Archives of gerontology and geriatrics*, 78, 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.07.001>
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people—a review. *Gerontology*, 52(1), 1-16. <https://doi.org/10.1159/000089820>
- Pinto, S. M., Cheung, J. P. Y., Samartzis, D., Karppinen, J., Zheng, Y.-p., Pang, M. Y. C., & Wong, A. Y. L. (2020). Differences in Proprioception Between Young and Middle-Aged Adults With and Without Chronic Low Back Pain. *Frontiers in Neurology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.605787>
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402-406. <https://doi.org/10.1191/0269215500cr342oa>

- Portney, L. G. (2020). *Foundations of clinical research : applications to evidence-based practice* (Fourth edition). F.A. Davis Company. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2344953>
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G., & Myklebust, B. M. (1996). Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 43(9), 956-966. <https://doi.org/10.1109/10.53213>
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., & Myklebust, B. M. (1993). Characterization and modeling of postural steadiness in the elderly: a review. *IEEE Transactions on rehabilitation engineering*, 1(1), 26-34. <https://doi.org/10.1109/86.242405>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev*, 92(4), 1651-1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Pyykkö, I., Aalto, H., Seidel, H., & Starck, J. (1989). Hierarchy of Different Muscles in Postural Control. *Acta Oto-Laryngologica*, 108(sup468), 175-180. <https://doi.org/10.3109/00016488909139041>
- Quijoux, F., Vienne-Jumeau, A., Bertin-Hugault, F., Zawieja, P., Lefevre, M., Vidal, P.-P., & Ricard, D. (2020). Center of pressure displacement characteristics differentiate fall risk in older people: A systematic review with meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 62, 101117. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101117>
- Radebold, A., Cholewicki, J., Polzhofer, G. K., & Greene, H. S. (2001). Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*, 26(7), 724-730. <https://doi.org/10.1097/00007632-200104010-00004>
- Reddy, R. S., Alahmari, K. A., Samuel, P. S., Tedla, J. S., Kakaraparthi, V. N., & Rengaramanujam, K. (2021). Intra-rater and inter-rater reliability of neutral and target lumbar positioning tests in subjects with and without non-specific lower back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 34(2), 289-299. <https://doi.org/10.3233/BMR-200010>
- Redfern, M. S., Chambers, A. J., Jennings, J. R., & Furman, J. M. (2017). Sensory and motoric influences on attention dynamics during standing balance recovery in young and older adults. *Experimental brain research*, 235, 2523-2531. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-4985-5>
- Reeves, N. P., Everding, V. Q., Cholewicki, J., & Morrisette, D. C. (2006). The effects of trunk stiffness on postural control during unstable seated balance. *Exp Brain Res*, 174(4), 694-700. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0516-5>
- Rhee, H. S., Kim, Y. H., & Sung, P. S. (2012). A randomized controlled trial to determine the effect of spinal stabilization exercise intervention based on pain level and standing balance differences in patients with low back pain. *Med Sci Monit*, 18(3), CR174-181. <https://doi.org/10.12659/msm.882522>
- Richmond, S. B., Fling, B. W., Lee, H., & Peterson, D. S. (2021). The assessment of center of mass and center of pressure during quiet stance: Current applications and future directions. *Journal of Biomechanics*, 123, 110485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110485>

- Rogers, M. A., & Evans, W. J. (1993). Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exercise and sport sciences reviews*, 21(1), 65-102. <https://doi.org/10.1249/00003677-199301000-00003>
- Rozenberg, S., Bray, M.-G., & Rosenberg, C. (2011). Lombalgie chronique du sujet âgé. Données épidémiologiques et cliniques. *Revue du rhumatisme monographies*, 78(1), 8-10. <https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2010.08.003>
- Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2011a). Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: a systematic review of the literature. *Eur Spine J*, 20(3), 358-368. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1543-2>
- Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2011b). Is there a relationship between pain intensity and postural sway in patients with non-specific low back pain? *BMC Musculoskelet Disord*, 12, 162. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-162>
- Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2012). Pain relief is associated with decreasing postural sway in patients with non-specific low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*, 13, 39. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-39>
- Russo, M., Deckers, K., Eldabe, S., Kiesel, K., Gilligan, C., Viece, J., & Crosby, P. (2018). Muscle Control and Non-specific Chronic Low Back Pain. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 21(1), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ner.12738>
- Saiklang, P., Puntumetakul, R., & Chatprem, T. (2022). The Effect of Core Stabilization Exercise with the Abdominal Drawing-in Maneuver Technique on Stature Change during Prolonged Sitting in Sedentary Workers with Chronic Low Back Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1904. <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/3/1904>
- Salavati, M., Akhbari, B., Takamjani, I. E., Bagheri, H., Ezzati, K., & Kahlaee, A. H. (2016). Effect of spinal stabilization exercise on dynamic postural control and visual dependency in subjects with chronic non-specific low back pain. *J Bodyw Mov Ther*, 20(2), 441-448. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.10.003>
- Salavati, M., Hadian, M. R., Mazaheri, M., Negahban, H., Ebrahimi, I., Talebian, S., ... Parnianpour, M. (2009). Test-retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait & Posture*, 29(3), 460-464. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.11.016>
- Sammer, A., & Sammer, F. (2020). Ageing and mobility—motor control in the circle of life. *Manuelle Medizin*, 58(4), 190-193. <https://doi.org/10.1007/s00337-020-00699-x>
- Sanders, O., Hsiao, H. Y., Savin, D. N., Creath, R. A., & Rogers, M. W. (2019). Aging changes in protective balance and startle responses to sudden drop perturbations. *Journal of neurophysiology*, 122(1), 39-50. <https://doi.org/10.1152/jn.00431.2018>
- Santos-Lozada, A. R. (2023). Trends in deaths from falls among adults aged 65 years or older in the US, 1999-2020. *Jama*, 329(18), 1605-1607. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.3054>

- Santos, M. J., Kanekar, N., & Aruin, A. S. (2010a). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.006>
- Santos, M. J., Kanekar, N., & Aruin, A. S. (2010b). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 2. Biomechanical analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 398-405. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.01.002>
- Schellendorfer, S., Ernst, M. J., Rast, F. M., Bauer, C. M., Meichtry, A., & Kool, J. (2015). Low back pain and postural control, effects of task difficulty on centre of pressure and spinal kinematics. *Gait & Posture*, 41(1), 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.09.004>
- Schott, C., Zirke, S., Schmelzle, J. M., Kaiser, C., & Fernández, L. A. I. (2018). Effectiveness of lumbar orthoses in low back pain: Review of the literature and our results. *Orthop Rev (Pavia)*, 10(4), 7791. <https://doi.org/10.4081/or.2018.7791>
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., ... Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(5), 721-733. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.005>
- Seminowicz, D. A., Wideman, T. H., Naso, L., Hatami-Khoroushahi, Z., Fallatah, S., Ware, M. A., ... Ouellet, J. A. (2011). Effective treatment of chronic low back pain in humans reverses abnormal brain anatomy and function. *Journal of Neuroscience*, 31(20), 7540-7550. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5280-10.2011>
- Seraj, M. S. M., Sarrafzadeh, J., Maroufi, N., Takamjani, I. E., Ahmadi, A., & Negahban, H. (2019). Comparison of postural balance between subgroups of nonspecific low-back pain patients based on O'Sullivan classification system and normal subjects during lifting. *Archives of Bone and Joint Surgery*, 7(1), 52. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6372270/>
- Shahvarpour, A., Preuss, R., & Larivière, C. (2019). The effect of extensible and non-extensible lumbar belts on trunk postural balance in subjects with low back pain and healthy controls. *Gait & Posture*, 72, 211-216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.06.013>
- Shahvarpour, A., Preuss, R., Sullivan, M. J. L., Negrini, A., & Larivière, C. (2018). The effect of wearing a lumbar belt on biomechanical and psychological outcomes related to maximal flexion-extension motion and manual material handling. *Applied ergonomics*, 69, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.01.001>
- Shanbehzadeh, S., ShahAli, S., Ebrahimi Takamjani, I., Vlaeyen, J. W., Salehi, R., & Jafari, H. (2022). Association of pain-related threat beliefs and disability with postural control and trunk motion in individuals with low back pain: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 31(7), 1802-1820. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07261-4>
- Shiozawa, S., Hirata, R. P., & Graven-Nielsen, T. (2015). Center of pressure displacement of standing posture during rapid movements is reorganised due to experimental lower extremity muscle pain. *PloS one*, 10(12), e0144933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144933>

- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *Journals of Gerontology-Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(1), M10-M16. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.1.M10>
- Silfies, S. P., Mehta, R., Smith, S. S., & Karduna, A. R. (2009). Differences in feedforward trunk muscle activity in subgroups of patients with mechanical low back pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(7), 1159-1169. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.10.033>
- Sipko, T., & Kuczyński, M. (2013). The effect of chronic pain intensity on the stability limits in patients with low back pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 36(9), 612-618. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2013.08.005>
- Skelton, D. A., & Beyer, N. (2003). Exercise and injury prevention in older people. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(1), 77-85. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00300.x>
- Statistique Canada. (2021). *Tableau 13-10-0788-01 Problèmes de santé chroniques chez les aînés de 65 ans et plus, Enquête canadienne sur la santé des aînés* [Tableau de données]. <https://doi.org/10.25318/1310078801-fra>
- Statistique Canada. (2023). *Tableau 17-10-0005-01 Estimations de la population au 1er juillet, par âge et sexe* [Tableau de données]. <https://doi.org/10.25318/1710000501-fra>
- Stokes, I. A., Gardner-Morse, M., Henry, S. M., & Badger, G. J. (2000). Decrease in trunk muscular response to perturbation with preactivation of lumbar spinal musculature. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(15), 1957-1964. <https://doi.org/10.1097/00007632-200008010-00015>
- Stokes, I. A., Gardner-Morse, M. G., & Henry, S. M. (2011). Abdominal muscle activation increases lumbar spinal stability: analysis of contributions of different muscle groups. *Clinical biomechanics*, 26(8), 797-803. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.04.006>
- Stratford, P. W., Binkley, J., Solomon, P., Gill, C., & Finch, E. (1994). Assessing change over time in patients with low back pain. *Phys Ther*, 74(6), 528-533. <https://doi.org/10.1093/ptj/74.6.528>
- Studnicka, K., & Ampat, G. (2023). Lumbar Stabilization. Dans *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562179/>
- Sun, P., Li, K., Yao, X., Wu, Z., & Yang, Y. (2023). Association between functional disability with postural balance among patients with chronic low back pain. *Frontiers in Neurology*, 14, 1136137. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1136137>
- Sung, P. S. (2003). Multifidi muscles median frequency before and after spinal stabilization exercises. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(9), 1313-1318. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00139-4](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00139-4)
- Sung, P. S., & Lee, D. (2024). Postural control and trunk stability on sway parameters in adults with and without chronic low back pain. *European Spine Journal*, 33(4), 1455-1464. <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08147-3>
- Sung, W., Abraham, M., Plastaras, C., & Silfies, S. P. (2015). Trunk motor control deficits in acute and subacute low back pain are not associated with pain or fear of movement. *The Spine Journal*, 15(8), 1772-1782. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.04.010>

- Swan, L., Otani, H., Loubert, P. V., Sheffert, S. M., & Dunbar, G. L. (2004). Improving balance by performing a secondary cognitive task. *British Journal of Psychology*, 95(1), 31-40. <https://doi.org/10.1348/000712604322779442>
- Takala, E.-P., Korhonen, I., & Viikari-Juntura, E. (1997). Postural sway and stepping response among working population: reproducibility, long-term stability, and associations with symptoms of the low back. *Clinical Biomechanics*, 12(7-8), 429-437. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(97\)00033-8](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(97)00033-8)
- Tallis, J., Shelley, S., Degens, H., & Hill, C. (2021). Age-related skeletal muscle dysfunction is aggravated by obesity: an investigation of contractile function, implications and treatment. *Biomolecules*, 11(3), 372. <https://doi.org/10.3390/biom11030372>
- Teixeira, M. J., Teixeira, W. G. J., de Souza Santos, F. P., de Andrade, D. C. A., Bezerra, S. L., Figueiró, J. B., & Okada, M. (2001). Epidemiologia clínica da dor músculo-esquelética. *Revista de Medicina*, 80, 1-21. <https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v80ispe1p1-21>
- Terra, M. B., Da Silva, R. A., Bueno, M. E. B., Ferraz, H. B., & Smaili, S. M. (2020). Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson's disease: a reliability study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 36(7), 826-833. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1508261>
- Teyssède, C., Lino, F., Zattara, M., & Bouisset, S. (2000). Anticipatory EMG patterns associated with preferred and non-preferred arm pointing movements. *Experimental Brain Research*, 134, 435-440. <https://doi.org/10.1007/s002210000490>
- Thoumie, P., Drape, J.-L., Aymard, C., & Bedoisseau, M. (1998). Effects of a lumbar support on spine posture and motion assessed by electrogoniometer and recording. *Clinical biomechanics*, 13(1), 18-26. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(97\)00084-3](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(97)00084-3)
- Tombaugh, T. N., & McIntyre, N. J. (1992). The mini-mental state examination: a comprehensive review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 40(9), 922-935. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1992.tb01992.x>
- Toprak Çelenay, Ş., & Özer Kaya, D. (2017). An 8-week thoracic spine stabilization exercise program improves postural back pain, spine alignment, postural sway, and core endurance in university students: a randomized controlled study. *Turk J Med Sci*, 47(2), 504-513. <https://doi.org/10.3906/sag-1511-155>
- Tsao, H., Galea, M., & Hodges, P. (2008). Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain*, 131(8), 2161-2171. <https://doi.org/10.1093/brain/awn154>
- Tsao, H., Galea, M. P., & Hodges, P. W. (2010). Driving plasticity in the motor cortex in recurrent low back pain. *European journal of pain*, 14(8), 832-839. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2010.01.001>
- Tsao, H., & Hodges, P. W. (2007). Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Experimental brain research*, 181, 537-546. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-0950-z>
- Ucurum, S. G., Uzunlar, H., Kirmizi, M., Altas, E. U., & Kaya, D. O. (2024). Comparative analysis of postural stability and risk of falling and developing disability among

- overweight and obese women over 40 years. *Journal of bodywork and movement therapies*, 38, 549-553. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.03.045>
- Vaishya, R., & Vaish, A. (2020). Falls in Older Adults are Serious. *Indian J Orthop*, 54(1), 69-74. <https://doi.org/10.1007/s43465-019-00037-x>
- Valentine, J. C., & Cooper, H. (2003). *Effect Size Substantive Interpretation Guidelines : Issues in the Interpretation of Effect Sizes*. What Works Clearinghouse. https://files.wmich.edu/s3fs-public/attachments/u58/2015/Effect_Size_Substantive_Interpretation_Guidelines.pdf
- Van Daele, U., Hagman, F., Truijen, S., Vorlat, P., Van Gheluwe, B., & Vaes, P. (2009). Differences in balance strategies between nonspecific chronic low back pain patients and healthy control subjects during unstable sitting. *Spine*, 34(11), 1233-1238. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819ca3ee>
- van Dieën, J. H., Koppes, L. L., & Twisk, J. W. (2010). Low back pain history and postural sway in unstable sitting. *Spine (Phila Pa 1976)*, 35(7), 812-817. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181bb81a8>
- Van Poppel, M. N., de Looze, M. P., Koes, B. W., Smid, T., & Bouter, L. M. (2000). Mechanisms of action of lumbar supports: a systematic review. *Spine*, 25(16), 2103-2113. <https://doi.org/10.1097/00007632-200008150-00016>
- Vandenbroucke, J. P., von Elm, E., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., ... Egger, M. (2014). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Int J Surg*, 12(12), 1500-1524. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.07.014>
- Vanicek, N., King, S. A., Gohil, R., Chetter, I. C., & Coughlin, P. A. (2013). Computerized dynamic posturography for postural control assessment in patients with intermittent claudication. *J Vis Exp*, (82), e51077. <https://doi.org/10.3791/51077>
- Vellas, B. J., Wayne, S. J., Romero, L., Baumgartner, R. N., Rubenstein, L. Z., & Garry, P. J. (1997). One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(6), 735-738. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1997.tb01479.x>
- Vieira, E. R., Palmer, R. C., & Chaves, P. H. (2016). Prevention of falls in older people living in the community. *Bmj*, 353. <https://doi.org/10.1136/bmj.i1419>
- Viseux, F. J., Simoneau, M., & Billot, M. (2022). A comprehensive review of pain interference on postural control: from experimental to chronic pain. *Medicina*, 58(6), 812. <https://doi.org/10.3390/medicina58060812>
- Visser, J. E., Carpenter, M. G., van der Kooij, H., & Bloem, B. R. (2008). The clinical utility of posturography. *Clinical neurophysiology*, 119(11), 2424-2436. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.07.220>
- Vlaeyen, J. W., & Linton, S. J. (2000). Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. *Pain*, 85(3), 317-332. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(99\)00242-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(99)00242-0)
- Wang, H., Zheng, J., Fan, Z., Luo, Z., Wu, Y., Cheng, X., ... Wang, C. (2022). Impaired static postural control correlates to the contraction ability of trunk muscle in young adults with

- chronic non-specific low back pain: A cross-sectional study. *Gait & Posture*, 92, 44-50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.11.021>
- Wang, Q., Li, L., Mao, M., Sun, W., Zhang, C., Mao, D., & Song, Q. (2022). The relationships of postural stability with muscle strength and proprioception are different among older adults over and under 75 years of age. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20(4), 328-334. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.07.004>
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*, 3(4), 193-214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- Wong, A. Y. L., Parent, E. C., Funabashi, M., Stanton, T. R., & Kawchuk, G. N. (2013). Do various baseline characteristics of transversus abdominis and lumbar multifidus predict clinical outcomes in nonspecific low back pain? A systematic review. *PAIN®*, 154(12), 2589-2602. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.07.010>
- Wong, C. K. W., Mak, R. Y. W., Kwok, T. S. Y., Tsang, J. S. H., Leung, M. Y. C., Funabashi, M., ... Wong, A. Y. L. (2022). Prevalence, incidence, and factors associated with non-specific chronic low back pain in community-dwelling older adults aged 60 years and older: a systematic review and meta-analysis. *The journal of pain*, 23(4), 509-534. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2021.07.012>
- Woo, J., Leung, J., & Lau, E. (2009). Prevalence and correlates of musculoskeletal pain in Chinese elderly and the impact on 4-year physical function and quality of life. *Public health*, 123(8), 549-556. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2009.07.006>
- Woolf, A. D., & Pfleger, B. (2003). Burden of major musculoskeletal conditions. *Bulletin of the World Health Organization*, 81(9), 646-656. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/269026/PMC2572542.pdf>
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & posture*, 16(1), 1-14. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00156-4)
- World Health Organization. (2021). *Step safely: strategies for preventing and managing falls across the life-course*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/978924002191-4>
- Xiao, W., Yang, H., Wang, Z., Mao, H., Wang, H., Hao, Z., ... Wang, C. (2023). Postural Control of Patients with Low Back Pain Under Dual-Task Conditions. *Journal of Pain Research*, 16(null), 71-82. <https://doi.org/10.2147/JPR.S392868>
- Yahia, A., Jribi, S., Ghroubi, S., Elleuch, M., Baklouti, S., & Habib Elleuch, M. (2011). Evaluation of the posture and muscular strength of the trunk and inferior members of patients with chronic lumbar pain. *Joint Bone Spine*, 78(3), 291-297. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2010.09.008>
- Yalfani, A., Abedi, M., & Raeisi, Z. (2022). Effects of an 8-week virtual reality training program on pain, fall risk, and quality of life in elderly women with chronic low back pain: Double-blind randomized clinical trial. *Games for Health Journal*, 11(2), 85-92. <https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0175>
- Yardley, L., Jahanshahi, M., & Hallam, R. S. (2004). Psychosocial aspects of disorders affecting balance and gait. Dans C. Press (Éd.), *Clinical disorders of balance, posture and gait* (2nd, pp. 360-381). <https://doi.org/10.1201/b13189>

- Yojana, E., Zahari, Z., & Bukry, S. A. (2024). Factors that influence motor control in individuals with nonspecific low back pain: A scoping review. *The Medical Journal of Malaysia*, 79(Suppl 1), 209-214. <https://e-mjm.org/2024/v79s1/low-back-pain.pdf>
- Yu, J., Jung, J., & Cho, K. (2012). Changes in postural sway according to surface stability in post-stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(11), 1183-1186. <https://doi.org/10.1589/jpts.24.1183>
- Zhang, C., Zhang, Z., Li, Y., Feng, C., Meng, H., Gao, Y., ... Wang, C. (2020). Pain Catastrophizing Is Related to Static Postural Control Impairment in Patients with Nonspecific Chronic Low Back Pain: A Cross-Sectional Study. *Pain Research and Management*, 2020(1), 9629526. <https://doi.org/10.1155/2020/9629526>
- Zheng, D. K. Y., Kawchuk, G. N., Bussi eres, A. E., Al Zoubi, F. M., Hartvigsen, J., Fu, S. N., ... Wong, A. Y. L. (2023). Trends of Low Back Pain Research in Older and Working-Age Adults from 1993 to 2023: A Bibliometric Analysis. *Journal of Pain Research*, 16(null), 3325-3341. <https://doi.org/10.2147/JPR.S425672>
- Zheng, D. K. Y., Liu, J. Q. J., Chang, J. R., Ng, J. C. Y., Zhou, Z., Wu, J., ... Wong, A. Y. L. (2024). Are changes in pain intensity related to changes in balance control in individuals with chronic non-specific low back pain? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 100989. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.100989>
- Zheng, K., & Wang, X. (2019). Publications on the association between cognitive function and pain from 2000 to 2018: a bibliometric analysis using CiteSpace. *Medical Science Monitor*, 25, 8940-8951. <https://doi.org/10.12659/MSM.917742>
- Zhou, Z., Hui, E. S., Kranz, G. S., Chang, J. R., de Luca, K., Pinto, S. M., ... Samartzis, D. (2022). Potential mechanisms underlying the accelerated cognitive decline in people with chronic low back pain: A scoping review. *Ageing research reviews*, 82, 101767. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101767>

CERTIFICATION ÉTHIQUE

Ce mémoire a fait l'objet d'une certification éthique auprès du CER-UQAC. Le numéro du certificat est 2018-176, 602.605.01.

ANNEXE 1-FORMULAIRE DE CONSENTEMENT



Formulaire d'information et de consentement

1.TITRE DU PROJET

Effets immédiats de deux méthodes de stabilisation lombaire sur les mesures de contrôle postural. Phase II du projet chez la population lombalgique chronique

2.RESPONSABLE (S) DU PROJET DE RECHERCHE

2.1 RESPONSABLE

Rubens da Silva - chercheur principal, phd Ph.D., professeur-chercheur à l'Unité d'enseignement en physiothérapie, Département des sciences de la santé, UQAC.

2.2 CO-CHERCHEUR

Louis-David Beaulieu – co-chercheur principal (UQAC), Christian Larivière, – co-chercheur (IRSST, CRIR), César F. Amorim – co-chercheur (UNICID, SP, Brésil), Edgar R. Vieira – co-chercheur (FIU, USA), Suzy Ngomo – co-chercheure (UQAC).

2.3 ÉTUDIANTS

Toute autre étudiant/stagiaire sous la supervision du Pr Rubens A. da Silva ayant dûment rempli et signé la déclaration d'honneur pour le respect de la confidentialité et des politiques en éthique à la recherche.

3.PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

4. NATURE, OBJECTIF(S) ET DEROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

4.1 DESCRIPTION DU PROJET DE RECHERCHE

La lombalgie est un trouble musculosquelettique commun affectant une grande partie de la population mondiale, de telle sorte qu'elle se classe au premier rang des incapacités physiques et au sixième rang sur le plan économique et social parmi les différents problèmes de santé au monde. Dans la province de Québec, 52,2% des troubles musculosquelettiques sont liés à la colonne vertébrale et 69% de ces troubles sont directement liés à la région lombaire. De plus, il est important de mentionner que la prévalence de la lombalgie augmente avec l'âge, ce qui représente un problème en grande progression en raison du vieillissement actuel de la population mondiale. Certaines évidences suggèrent que le port d'une ceinture lombaire aurait le potentiel de mieux stabiliser la colonne vertébrale lors d'efforts physiques répétés, et ainsi réduire la douleur au dos et les incapacités et donc, accélérer le retour au travail chez les individus souffrant d'une lombalgie. Par ailleurs, il s'avère que le contrôle postural, tel que l'équilibre statique, aurait également une influence sur les douleurs lombaires. Toutefois, il est nécessaire de démontrer si ces résultats peuvent être généralisés, et ce, surtout chez les personnes âgées souffrant de lombalgie.



4.2 OBJECTIF(S) SPECIFIQUE(S)

Le but de cette étude en trois étapes sera de déterminer les effets immédiats de deux méthodes de stabilisation lombaire, soit la ceinture lombaire (CL) versus la contraction active des muscles abdominaux (CABD), sur les mesures d'équilibre postural. La première étape consistera à évaluer uniquement des personnes saines, alors que la seconde étape inclura les individus atteints de lombalgie chronique. La dernière visera à évaluer les effets sur les personnes âgées avec et sans lombalgie chronique.

4.3 DEROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Pour participer à la présente étude, vous devez premièrement répondre à certaines conditions. Une étudiante et/ou une agente de recherche vérifiera par téléphone la plupart des critères d'éligibilité à cette étude avec vous. Par contre, advenant que l'examen clinique réalisé au début de la première séance révèle que vous ne correspondez pas à certains de ces critères, l'évaluation devra se terminer.

Les critères d'inclusion de l'étude feront en sorte de sélectionner que des gens volontaires avec un indice de masse corporelle (IMC) entre 18 et 32 kg/m². Les sujets en bonne santé ne devront pas présenter aucun problème au niveau de la colonne lombaire. Les critères d'inclusion additionnels propres aux sujets lombalgiques chroniques sont : (1) présence d'une douleur lombaire en phase chronique (plus de 12 semaines); (2) avec ou sans douleur radiculaire (limitée aux genoux). Pour les personnes âgées, les critères d'inclusion additionnels sont: âge ≥ 65 ans, être physiquement indépendant (capable de se présenter de façon

Numéro approbation CÉR : 602-605-01

autonome au laboratoire et de réaliser les tests), et présenter un bon état cognitif (supérieur à 22 dans Mini-Mental State Examination).

Les critères d'exclusion généraux seront: (1) chirurgie de l'appareil locomoteur; (2) scoliose ou malformation congénitale de la colonne vertébrale (spondylolyse, fusions intervertébrales, 4 vertèbres lombaires); (3) certains syndromes ou maladies systémiques ou dégénératives pouvant s'attaquer au système musculosquelettique, cardiovasculaire (dépistage avec QAAP), respiratoire ou nerveux (arthrite, arthrose, rhumatisme, sclérose en plaque, fibromyalgie, etc.); (4) antécédents d'atteinte neurologique autre que celles découlant des maux de dos (troubles d'équilibre, histoire d'AVC) et d'atteinte vestibulaire (vertige); (5) traitement avec médication anxiolytique, anticonvulsive ou antidépressive (sont acceptés les antispasmodiques, anti-inflammatoires et analgésiques) ou autre médication qui peut influencer l'excitabilité neuronale; (6) être enceinte; (7) être claustrophobe; (9) être incapable de réaliser les tests d'équilibre; et (10) occurrence de chute lors des six mois derniers.

Une fois éligible à l'étude, tous les participants seront évalués par deux méthodes de stabilisation lombaire: une ceinture lombaire sera utilisée pour la méthode de stabilisation passive et un exercice de contraction en bloc des muscles abdominaux sera utilisé pour la méthode de stabilisation active. Les deux méthodes seront prescrites de façon aléatoire lors des tests d'équilibre postural sur une plateforme de force. Une condition contrôle (aucune méthode de stabilisation) sera aussi effectuée pour les comparaisons. Pour chaque condition expérimentale et test d'équilibre, les participants réaliseront 2 essais de 30 secondes avec un temps de repos accordé entre les essais et les conditions. Le projet de recherche vise à comparer deux méthodes de stabilisation lombaire,

4.4 NATURE DE VOTRE PARTICIPATION

Vous participerez à 1 séance, d'une durée approximative de 1h00 à 1h15, qui aura lieu dans le laboratoire BioNR du Pavillon des humanités de l'UQAC, situé au 555 Boulevard de l'université, Chicoutimi (Québec) G7H 2B1. L'équipe de recherche de ce projet est affiliée au Laboratoire de recherche biomécanique et neurophysiologique en réadaptation neuro-musculo-squelettique (Lab BioNR) de l'UQAC. Nous prendrons d'abord le temps de vous expliquer le projet et de répondre à toutes questions que vous pourriez avoir. Puis, si vous souhaitez toujours participer suite à l'explication du projet, nous signerons ensemble le présent formulaire de consentement. Par la suite, quelques questionnaires seront remplis avec vous, afin de recueillir certaines informations pertinentes, comme vos antécédents médicaux et votre niveau d'activité physique. Par la suite, une séance de familiarisation avec l'équipement, protocole et l'utilisation de la CL et CABD sera réalisée avec vous. CL utilisés dans ce projet vous sera prêté lors de ces deux séances. Pour plus de détails sur la nature de ces évaluations, veuillez consulter le tableau au-dessous pour leur séquence et leur description (avec illustrations).

TABLEAU

PARTIE 1 – Préparation (30 min.)

1. Vérification de certains critères d'inclusion pour l'étude et anamnèse (5 min)
2. Questionnaires (tels que l'activité physique, cognitif, douleur, incapacités (20 min);
3. Mesures anthropométriques (5 min);

PARTIE 2 - Évaluation équilibre postural (1 h 30 min, incluant familiarisation et repos)

Note importante : Chaque test détaillé ci-dessous devra être fait lors de trois conditions expérimentales : (1) sans aucune méthode de stabilisation (contrôle), (2) avec Ceinture lombaire élastique (A; CL), (3) avec contraction active des muscles abdominaux (B; contraction CABD)

Tâche d'équilibre sur la plateforme de force



(A)

Ceinture lombaire



(B)

Exercice abdominal

sans contraction

avec contraction



Test: Deux postures seront évaluées telles que l'équilibre unipodal (2 x 30 secondes) et semi-tandem (2 x 30 secondes) sur la plateforme de force (BIOMECH-400, EMG System do Brasil, Ltda).

Tâche: Vous devez rester en posture statique unipodale avec la jambe de préférence au sol ou en posture semi-tandem, pendant 30 secondes. Durant cette période, des mesures sur une plateforme de force seront capturées pour des analyses stabilographiques (analyse du centre de pression) pour quantifier votre équilibre postural. Vous devez répéter ce test pour les 3 conditions expérimentales (contrôle, avec CL, avec contraction CABD). Un temps de repos sera alloué entre les essais (30 secondes) et entre les conditions évaluées (2 minutes). Une semaine plus tard vous devrez répéter le même protocole expérimental.

5. AVANTAGES, RISQUES ET INCONVÉNIENTS PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE VOTRE PARTICIPATION

Risques/inconvénients

Il n'y a pas de risque en ce qui concerne votre participation à ce projet. Les examens cliniques sont ceux habituellement utilisés en clinique de physiothérapie et représentent donc des risques réduits pour vous. Bien que les évaluations en laboratoire ou gymnase ne soient pas d'une grande intensité, il est possible qu'elles engendrent des courbatures musculaires légères ou de la fatigue. En effet, les courbatures lors des postures d'équilibre dans les tests sont normales dans une période de 24 à 72 heures suivant l'expérimentation. Si c'est le cas, vos muscles pourront être sensibles lors de l'exécution de certaines activités. Afin de minimiser ces risques, les mesures suivantes seront mises en place : des pauses seront offertes (après chaque essai/tâche d'équilibre et condition d'évaluation), des pauses supplémentaires seront offertes au besoin, à votre demande. Une attention pour hydrater le corps sera aussi en place, alors un verre d'eau sera toujours disponible pour le participant. De plus, une attention particulière sera portée au confort quant à l'installation de la ceinture lombaire.

L'équipement utilisé, comme la plateforme de force, pour mesurer l'équilibre comporte des éléments pour assurer votre sécurité. C'est un instrument statique (sans aucune perturbation/mouvement) qui est placé au sol. De plus, pour assurer les inconvénients possibles lors d'une perte de contrôle de mouvement, un évaluateur sera toujours présent. Les tâches d'équilibre réalisées sont d'intensité légère à modérée, ce qui réduit les risques de blessure. Lors des tests, advenant que vous ressentiez une douleur ou un inconfort que vous jugez inapproprié, vous serez libre d'arrêter la séance.

Si, en plus, mise à part que le projet nécessite de vous déplacer au Laboratoire de recherche pour une séance de deux heures, aucun autre risque/inconvénient associé à votre participation à ce projet de recherche n'est anticipé.

Avantages

Mise à part la satisfaction de participer à la création de nouvelles connaissances scientifiques qui pourront éventuellement servir à améliorer les soins en physiothérapie et la prise en charge de la clientèle souffrant d'une lombalgie autant chez les jeunes adultes que les personnes âgées.

6. CONFIDENTIALITÉ ET UTILISATION DES RÉSULTATS

Toutes les informations recueillies seront utilisées pour cette étude seulement. Votre dossier sera codé de façon à ce qu'il demeure anonyme. Les données nominales (nom et adresse) seront conservées dans un fichier séparé conservé sous clé dans un classeur situé dans le bureau du responsable du projet (le Pr. Rubens A. da Silva) et accessible seulement par celui-ci. De plus, toutes les données nominales seront détruites après une période de 7 ans suivant la fin du projet.

Cependant, à des fins de contrôle du projet de recherche, votre dossier de recherche pourrait être consulté par une personne mandatée par le comité d'éthique de la recherche des établissements de l'UQAC ou par l'unité de l'éthique du ministère de la Santé et des Services sociaux, qui adhère à une politique de stricte confidentialité.

Numéro approbation CÉR : 602-605-01

Les informations recueillies pourront être utilisées à des fins de communications scientifiques, professionnelles et/ou d'enseignement. Bien sûr, il est entendu que les résultats de l'étude seront divulgués de manière à ce que rien ne permette de vous identifier.

7.PARTICIPATION VOLONTAIRE ET DROIT DE RETRAIT

Il est possible de vous retirer du projet de recherche sans donner de raison, et ce, sans qu'il y ait de préjudices. Dans ce cas, selon le choix que vous indiquerez à la section 10 du présent document, les données recueillies avant votre retrait pourraient être conservées.

Il est entendu qu'en acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits. Les chercheurs collaborateurs ainsi que l'équipe de recherche sont responsables du déroulement du présent projet de recherche. Nous nous engageons à respecter les obligations énoncées dans ce document et également à vous informer de tout élément qui serait susceptible de modifier la nature de votre consentement.

8.INDEMNITÉ COMPENSATOIRE

Aucune indemnité compensatoire ne vous sera remise.

9.PERSONNES-RESSOURCES

Si vous souhaitez avoir plus d'information concernant l'étude elle-même, certaines de ses modalités ou encore ses droits en tant que participant à cette étude, contacter le chercheur principal Monsieur Pr. Dr. Rubens da Silva, (418) 545-5011, poste 6123.

Pour toute question d'ordre éthique concernant votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la coordonnatrice du Comité d'éthique de la recherche (418-545-5011 poste 4704) ou la ligne sans frais 1-800-463-9880 poste 4704 ou encore directement via le courriel au : cer@uqac.ca

10. CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement et je comprends suffisamment bien le projet pour que mon consentement soit éclairé. Je suis satisfait des réponses à mes questions et du temps que j'ai eu pour prendre ma décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Je comprends que je suis libre d'accepter de participer et que je pourrai me retirer en tout temps de la recherche si je le désire, sans aucun préjudice ni justification de ma part. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Si je dois me retirer de l'étude avant d'avoir pu compléter l'expérimentation :

- ☐ J'autorise que les données recueillies suite à ma participation soient tout de même utilisées pour des fins scientifiques par les membres de l'équipe de recherche
- ☐ Je n'autorise pas que les données recueillies suite à ma participation soient tout de même utilisées pour des fins scientifiques par les membres de l'équipe de recherche

Nom et signature du participant

Date

Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie qu'un membre autorisé de l'équipe de recherche a expliqué au participant les termes du formulaire, qu'il a répondu à ses questions et qu'il lui a clairement indiqué qu'il pouvait à tout moment mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au participant.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

Numéro approbation CÉR : 602-605-01

11. AUTORISATION DE PRENDRE CONTACT AVEC VOUS POUR UN PROJET FUTUR

Nous apprécions votre participation à notre projet de recherche et nous voudrions savoir si vous êtes intéressé(e) à être contacté(e) pour éventuellement participer à d'autres projets. Si c'est le cas, nous vous demandons pendant combien de temps nous sommes autorisés à vous appeler et de signer cet accord. Cet accord ne représente pas un engagement officiel à participer. En temps voulu, nous devrons vérifier votre admissibilité et, bien sûr, votre disponibilité.

- ☐ Je n'accepte pas d'être contacté(e) par le chercheur responsable du présent projet pour participer à d'autres études réalisées dans le même domaine de recherche.
- ☐ J'accepte d'être contacté(e) par le même chercheur pour participer à d'autres études réalisées dans le même domaine de recherche aux coordonnées et pour la période qui suivent:

Numéro de téléphone : _____

Adresse courriel : _____

Temps :

- ☐ Pendant la prochaine année
- ☐ Pendant les cinq prochaines années
- ☐ Peu importe le moment

Nom et signature du participant

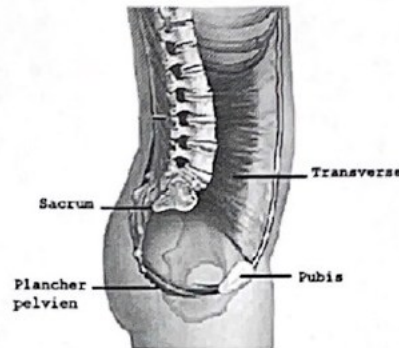
Date

Nom et signature de la personne qui obtient l'autorisation

Date

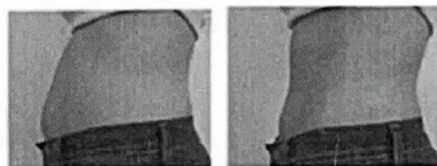
ANNEXE 2 – APPRENTISSAGE DE L'ADIM

Le transverse de l'abdomen est un muscle qui s'attache sur les vertèbres et l'avant de l'abdomen. Quand il se contracte, il permet donc de stabiliser la colonne lombaire. Il est sollicité lors de tous les mouvements du corps, par exemple, lorsque vous levez le bras pour prendre un objet, il se contracte. Le transverse de l'abdomen est un muscle d'endurance, c'est-à-dire qu'il peut se contracter longtemps mais à une faible intensité.



Ultrason:

1. Voici une machine d'ultrason, elle **envoie des ondes sonores** pour générer des images des tissus profonds du corps tout **comme l'échographie**. Cet appareil est utilisé en réadaptation pour évaluer la fonction et la morphologie des muscles lors d'un exercice ou une tâche fonctionnelle. Il permet de voir la contraction musculaire en temps réel.
2. Je vais commencer par **mettre du gel**, ce qui va permettre de faire passer les ondes sonores dans votre corps. Cela risque d'être froid.
3. Voici votre oblique externe et votre oblique interne qui sont vos abdominaux superficiels et qui ont beaucoup de puissance.
4. **Voici le transverse de l'abdomen** qui est situé au niveau de la couche profonde
5. La contraction demandée lorsque vous allez réaliser les tâches d'équilibre doit être d'une durée de **15 secondes mais à faible intensité**. Sur une échelle de 1 à 10, 10 étant 100% de la force de contraction et 0 étant aucune contraction, vous allez devoir **contracter à 3/10**.
6. Maintenant, contractez à 10/10, soit au maximum de votre force, contractez à 5/10, soit à 50 % de votre force maximale, puis contractez à 3/10, environ 30 % de votre force maximale.
7. Maintenez la contraction à 3/10 pendant 15 secondes (le refaire jusqu'à réussite et noter le nombre d'essai). **Nous allons le refaire 1 fois en réalisant la position unipodale et 1 fois avec la position semi-tandem.**



ANNEXE 3 - QUESTIONNAIRES

Informations générales

Code pour dénominalisation des données : _____ Date : _____

I. Coordonnées personnelles:

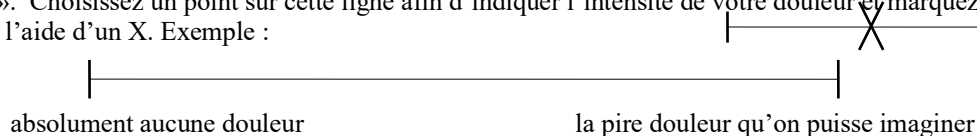
Prénom et nom : _____
Date de naissance (jr/mo/an) : _____ Âge : _____
Adresse : # rue _____ municipalité _____ Code postal _____
Téléphone : maison (____) _____ travail (____) _____
Profession : _____

II. Questions pour personne SANS maux de dos :

- 2.1 Avez-vous déjà eu un mal de dos ? _____ (O / N) Si oui, veuillez répondre aux prochaines questions de cette section en rapport avec votre dernier épisode de mal de dos.
- 2.2 Quand cela s'est-il passé approximativement (soyez le plus précis possible; date ?) ? _____
- 2.3 Où se situait le mal (haut ou bas du dos, fesses, jambes ?) ? _____
- 2.4 Combien de jours a duré ce mal ? _____
- 2.5 Avez-vous manqué des jours de travail ? _____ (O / N) Si oui, combien de jours : _____
- 2.6 Avez-vous consulté un professionnel de la santé (médecin, chiropraticien, physiothérapeute ou autre) _____ (O / N)
- 2.7 À combien de reprises avez-vous eu mal au dos dans la dernière année ? _____

III. Questions pour personne AVEC maux de dos chroniques:

3.1 Nous aimerions savoir à quel point votre dos vous fait mal **en ce moment même**. La ligne ci-dessous est une échelle allant de « absolument aucune douleur » à « la pire douleur qu'on puisse imaginer ». Choisissez un point sur cette ligne afin d'indiquer l'intensité de votre douleur et marquez ce point à l'aide d'un X. Exemple :



3.2 Depuis combien de temps est-ce que votre mal de dos est quotidien ou presque quotidien?
Indiquez l'année (et le mois si possible) : _____

3.3 Votre mal de dos provoque-t-il des élancements dans les fesses ou dans les jambes ? _____
(O/N)

Si oui, de quel côté se situent ces élancements et jusqu'où se rendent-ils ? Veuillez cocher la ou les cases appropriées.

Côté : Gauche ☐ → jusque ☐ bas de la fesse ☐ mi-cuisse ☐ genou ☐ pied
Droit ☐ → jusque ☐ bas de la fesse ☐ mi-cuisse ☐ genou ☐ pied

3.4 Utilisez-vous des médicaments pour atténuer les douleurs au dos? _____ (O/N)

Si oui, lesquels :

Si oui, à quelle fréquence ? _____

IV. Questions pour tous :

4.1 Avez-vous des douleurs autres que dans le bas du dos (cou, articulations, douleurs musculaires). Si oui, veuillez décrire le site et l'intensité de la douleur (échelle de 0 à 10 où 0 = « absolument aucune douleur » et 10 = « la pire douleur qu'on puisse imaginer »):

4.2 Avez-vous consommé du café aujourd'hui ?

Si oui, à quelle heure: _____ et combien de tasses: _____

4.3 Avez-vous consommé de l'alcool aujourd'hui ?

Si oui, à quelle heure: _____ et combien de verres: _____

4.4 Avez-vous fait de l'activité physique hier ?

Si oui, quelle activité: _____ et pendant combien de temps: _____

4.5 Avez-vous fait de l'activité physique aujourd'hui ?

Si oui, quelle activité: _____ et pendant combien de temps: _____

Informations complémentaires :

Âge : _____ / Sexe : _____

Taille : _____ / Poids : _____

Problèmes de santé/conditions associées :

Antécédents médicaux :

Antécédents chirurgicaux :

Médication :

Mini-Mental State Examination (MMSE) ou Test de Folstein

EXAMEN DE FOLSTEIN SUR L'ÉTAT MENTAL



DT9088

Nom de l'établissement _____

A) Orientation

Demander au sujet :

1- Quel est				D	L	M	Me	J	V	S	} 5 ()
	l'année	le mois	le jour	le jour de la semaine							
La saison : printemps ☐ été ☐ automne ☐ hiver ☐											

2- Où sommes-nous			} 5 ()
	Province	Pays	
	Ville, village	Lieu (hôpital, cabinet, maison, etc.)	

B) Enregistrement

3- Mentionner un des groupes de 3 mots suivants; prendre une seconde pour prononcer chaque mot :

chemise, bleu, honnêteté ()	} 3 ()
ou	
chaussure, brun, modestie ()	
ou	

Par la suite, demander au sujet de répéter les 3 mots choisis.

Donner 1 point pour chaque bonne réponse au 1^{er} essai. Répéter l'exercice jusqu'à ce que le sujet retienne les 3 mots.

Compter le nombre d'essais et le noter. Pour information seulement.

Nombre d'essais : _____

C) Attention et calcul (cocher l'un ou l'autre test)

4- ☐ Demander au sujet de faire la soustraction par intervalles de 7 à partir de 100 :	} 5 ()
100 - 7 = () 93 - 7 = () 86 - 7 = () 79 - 7 = () 72 - 7 = () 65.	
OU Donner 1 point pour chaque bonne réponse.	

☐ Demander au sujet d'épeler le mot « MONDE » à l'envers. (EDNOM) : _____
(écrire les lettres)

D) Rétention mnésique

5- Demander au sujet de répéter les 3 mots déjà mentionnés :	} 3 ()
chemise, bleu, honnêteté ()	
ou	
chaussure, brun, modestie ()	

ou

chandail, blanc, charité ()

E) Langage

6- Montrer au sujet un crayon () une montre () et lui demander de nommer l'objet.	2 ()
7- Demander au sujet de répéter la phrase suivante : « Pas de si ni de mais ».	1 ()
8- Demander au sujet d'obéir à un ordre en 3 temps : « Prenez ce papier de la main droite ou gauche, pliez-le en deux et redonnez-le moi ».	3 ()

N.B. : Demander au sujet droitier de prendre de la main gauche et vice versa.
Prendre garde de tendre la main; éviter les indices non-verbaux.

Traduction et adaptation française non validées du « Mini-Mental State » de Folstein, M.F., Folstein, S.E., Mc Hugh, P.R. : « Mini-Mental State : A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician », J. Psychiatr Res, 12 : 189-198, 1975, à partir des travaux du centre de gériatrie Hôpital d'Youville Sherbrooke de Québec.

E) Langage (suite)

9- Demander au sujet de lire et de suivre l'instruction suivante :

« FERMEZ VOS YEUX »

COTE
MAXIMALE

COTE
DU SUJET

1 ()

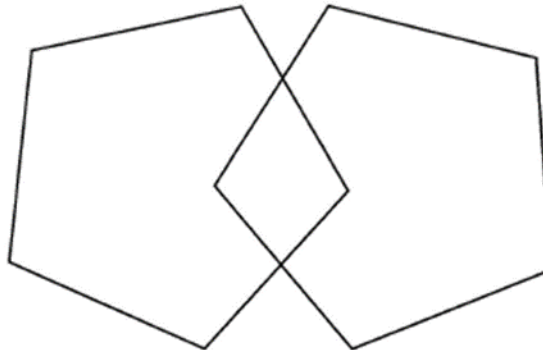
10- Demander au sujet d'écrire une phrase :

1 ()

(sujet, verbe, sans égard aux fautes)

F) Praxie de construction

11- Demander au sujet de copier le dessin suivant :



1 ()

COTE MAXIMALE : 30

COTE DU SUJET : _____

Interprétation des scores :

Un score de moins de 24 points à l'examen de Folstein sur l'état mental détermine une altération des fonctions cognitives. Ce test ne permet cependant pas de faire un diagnostic étiologique.

Nombre d'années de scolarité du sujet : _____ Évaluer le niveau de conscience du sujet : vigilant ☐ somnolent ☐

En cas d'incapacité du sujet à être évalué, spécifier : _____

Indiquer les conditions ayant pu influencer l'évaluation _____

Date | _____ |
Année Mois Jour

Signature

Modified Falls Efficacy Scale (version française)

The Modified Falls Efficacy Scale - French version (M-FES Fr)

Sur une échelle de 0 à 10, comment évaluez-vous votre confiance pour effectuer, sans tomber, chacune des activités ci-dessous, avec un score de 0 pour « pas du tout confiant », 5 pour « moyennement confiant » et 10 pour « totalement confiant » ?

Notes : Si vous avez arrêté l'activité, en partie par peur de tomber, marquez 0.

Si actuellement vous ne faites pas cette activité pour toute autre raison, répondez **d'abord** à la question en imaginant votre degré de confiance si vous réalisiez vraiment cette activité et **ensuite**, ajoutez une deuxième croix dans la colonne "je ne le fais pas".

	Pas du tout confiant			Moyennement confiant					Tout à fait confiant			Ne le fais pas
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. S'habiller et se déshabiller												☐
	0					5					10	
2. Préparer un repas simple												☐
	0					5					10	
3. Prendre un bain ou une douche												☐
	0					5					10	
4. S'asseoir / se lever d'une chaise												☐
	0					5					10	
5. Se lever / se coucher dans un lit												☐
	0					5					10	
6. Aller répondre à la porte ou au téléphone												☐
	0					5					10	
7. Se déplacer à l'intérieur de sa maison												☐
	0					5					10	
8. Atteindre un objet dans un placard ou sur une étagère												☐
	0					5					10	
9. Effectuer des tâches ménagères simples												☐
	0					5					10	
10. Faire des petites courses												☐
	0					5					10	
11. Utiliser les transports en commun												☐
	0					5					10	
12. Traverser la route												☐
	0					5					10	
13. Faire un peu de jardinage ou étendre le linge*												☐
	0					5					10	
14. Emprunter des marches												☐
	0					5					10	

* Répondez pour l'activité effectuée la plus fréquemment

Perrot, A., Castanier, C., Maillot, P., & Zitari, H. (2018). French validation of the modified-falls efficacy scale (M-FES Fr). *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 78, 233-239. doi: 10.1016/j.archger.2018.07.001

Questionnaire sur les peurs et les croyances

Code-sujet: _____ Date: _____ Heure: _____

Vous avez ici une liste de commentaires que des personnes nous ont dit à propos de leur douleur. Pour chaque énoncé, veuillez indiquer un nombre de 0 à 6 pour indiquer à quel point les activités physiques telles que se pencher, soulever des objets, marcher ou conduire affectent ou pourraient affecter votre douleur au dos.

.....0 → →1 → → 2 →3 → →4 → → 5 →6
Complètement → → → Indécis → → → Complètement
en désaccord → → → → en accord

- 1. Ma douleur a été causée par des activités physiques
- 2. L'activité physique empire ma douleur
- 3. L'activité physique pourrait nuire à mon dos
- 4. Je ne devrais pas faire des activités physiques (qui pourraient empirer) ou qui empirent ma douleur.
- 5. Je ne peux pas faire des activités physiques (qui pourraient empirer) ou qui empirent ma douleur.

Les énoncés suivants portent sur la façon dont votre travail affecte ou pourrait affecter vos douleurs au dos.

- 6. Ma douleur a été causée par mon travail ou par un accident au travail
- 7. Mon travail a aggravé ma douleur
- 8. Je reçois une indemnisation pour compenser ma douleur
- 9. Mon travail est trop exigeant pour moi
- 10. Mon travail empire ou pourrait empirer ma douleur
- 11. Mon travail pourrait nuire à mon dos
- 12. Je ne devrais pas faire mon travail régulier avec ma douleur actuelle
- 13. Je ne peux pas faire mon travail régulier avec ma douleur actuelle
- 14. Je ne peux pas faire mon travail régulier avant que ma douleur soit traitée
- 15. Je pense que je ne retournerai pas à mon travail régulier d'ici 3 mois
- 16. Je pense que je ne serai jamais capable de retourner à ce travail

Source: Waddell, G. et coll. (1993). A fear-avoidance beliefs questionnaire and the role of fear-avoidance belief in chronic low-back pain and disability. Pain, 52, 157-168.

Traduit sous la supervision de la Clinique des Maux de Dos du Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke

Questionnaire sur l'activité physique au travail et durant les loisirs

Évaluation: pré- ☐ post- ☐ programme. Code-sujet: _____ Date: _____ Heure: _____

S.V.P. répondre par rapport à vos activités des 3-DERNIERS-MOIS

# Item	Question	Score (espace réservé)
1.	Quel est votre travail principal? _____	1 3 5 4 2
2.	Au travail, je reste assis: jamais / rarement / parfois / souvent / toujours	1 2 3 4 5
3.	Au travail, je reste debout: jamais / rarement / parfois / souvent / toujours	1 2 3 4 5
4.	Au travail, je marche: jamais / rarement / parfois / souvent / toujours	1 2 3 4 5
5.	Au travail, je soulève de lourdes charges: _____ jamais / rarement / parfois / souvent / très-souvent	1 2 3 4 5
6.	Après le travail, je suis fatigué: _____ très-souvent / souvent / parfois / rarement / jamais	5 4 3 2 1
7.	Au travail, je transpire: _____ très-souvent / souvent / parfois / rarement / jamais	5 4 3 2 1
8.	Par rapport à d'autres personnes de mon âge, je pense que mon travail est physiquement: _____ beaucoup plus exigeant / plus exigeant / comparable / moins exigeant / beaucoup moins exigeant	5 4 3 2 1
9.	Faites-vous du sport: Oui / Non (encerclez la bonne réponse)	1 1 1 1 1
	Si oui: _____	
	→ quel sport pratiquez-vous le plus fréquemment? _____	Intensité 0.76 1.26 1.76
	→ combien d'heures par semaine? _____	Durée 0.5 1.5 2.5 3.5 4.5
	→ combien de mois par années? _____	Pourcentage 0.04 0.17 0.42 0.67 0.92
	Si vous pratiquez un autre sport: _____	
	→ de quel sport s'agit-il? _____	Intensité 0.76 1.26 1.76
	→ combien d'heures par semaine? _____	Durée 0.5 1.5 2.5 3.5 4.5
	→ combien de mois par années? _____	Pourcentage 0.04 0.17 0.42 0.67 0.92
10.	Par rapport à d'autres personnes de mon âge, je pense que mon niveau d'activité physique durant mes loisirs est: _____ beaucoup plus élevé / plus élevé / comparable / moins élevé / beaucoup moins élevé	5 4 3 2 1
11.	Durant mes loisirs, je transpire: _____ très-souvent / souvent / parfois / rarement / jamais	5 4 3 2 1
12.	Durant mes loisirs, je fais du sport: _____ jamais / rarement / parfois / souvent / très-souvent	1 2 3 4 5
13.	Durant mes loisirs, je regarde la télévision: _____ jamais / rarement / parfois / souvent / très-souvent	1 2 3 4 5
14.	Durant mes loisirs, je marche: _____ jamais / rarement / parfois / souvent / très-souvent	1 2 3 4 5
15.	Durant mes loisirs, je fais du vélo: _____ jamais / rarement / parfois / souvent / très-souvent	1 2 3 4 5
16.	Combien de minutes par jour marchez-vous et/ou faites-vous du vélo pour aller et revenir du travail, de l'école ou de vos courses (épicerie, magasins ou autres)? _____ 5-15-15-30-30-45-45 minutes	1 2 3 4 5

Calcul du score-sport (I₉):

$$I_9 = \sum_{i=1}^2 (\text{int} \text{ensité} \times \text{temps} \times \text{proportion})$$

..... = 0-4-8-12-12

Calcul des index des différentes composantes de l'activité physique:

Index de travail = [I₁ + (6 - I₂) + I₃ + I₄ + I₅ + I₆ + I₇ + I₈] / 8 → = _____

Index de sport = [I₉ + I₁₀ + I₁₁ + I₁₂] / 4 → = _____

Index de loisirs = [(6 - I₁₃) + I₁₄ + I₁₅ + I₁₆] / 4 → = _____

→ Index global = travail + sport + loisirs → = _____

Source: J. A. H. Baecke, J. Burema, and J. E. R. Frijters. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition* 36 (5):936-942, 1982.

Questionnaire de roland-morris

Évaluation pré- [] post- [] programme. Code sujet: _____ Date: _____ Heure: _____

Une liste de phrases vous est proposée ci-dessous.

Ces phrases décrivent certaines difficultés à effectuer une activité physique quotidienne directement en rapport avec votre douleur lombaire.

Lisez ces phrases une par une avec attention en ayant bien à l'esprit l'état dans lequel vous êtes aujourd'hui à cause de votre douleur lombaire.

Quand vous lirez une phrase qui correspond bien à une difficulté qui vous affecte aujourd'hui, cochez-là.

Dans le cas contraire, laissez un blanc et passez à la phrase suivante.

Souvenez-vous bien de ne cocher que les phrases qui s'appliquent à vous-même aujourd'hui.

1. Je reste pratiquement tout le temps à la maison à cause de mon dos. ☐
2. Je change souvent de position pour soulager mon dos. ☐
3. Je marche plus lentement que d'habitude à cause de mon dos. ☐
4. À cause de mon dos, je n'effectue aucune des tâches que j'ai l'habitude de faire à la maison. ☐
5. À cause de mon dos, je m'aide de la rampe pour monter les escaliers. ☐
6. À cause de mon dos, je m'allonge plus souvent pour me reposer. ☐
7. À cause de mon dos, je suis obligé(e) de prendre un appui pour sortir d'un fauteuil. ☐
8. À cause de mon dos, j'essaie d'obtenir que d'autres fassent des choses à ma place. ☐
9. À cause de mon dos, je m'habille plus lentement que d'habitude. ☐
10. Je ne reste debout que de courts moments à cause de mon dos. ☐
11. À cause de mon dos, j'essaie de ne pas me baisser ni de m'agenouiller. ☐
12. À cause de mon dos, j'ai du mal à me lever d'une chaise. ☐
13. J'ai mal au dos la plupart du temps. ☐
14. À cause de mon dos, j'ai des difficultés à me retourner dans mon lit. ☐
15. J'ai moins d'appétit à cause de mon mal de dos. ☐
16. À cause de mon mal de dos, j'ai du mal à mettre mes chaussettes (ou bas/collants). ☐
17. Je ne peux marcher que sur de courtes distances à cause de mon mal de dos. ☐
18. Je dors moins à cause de mon mal de dos. ☐
19. À cause de mon dos, quelqu'un m'aide à m'habiller. ☐
20. À cause de mon dos, je reste assis(e) la plus grande partie de la journée. ☐
21. À cause de mon dos, j'évite de faire de gros travaux à la maison. ☐
22. À cause de mon mal de dos, je suis plus irritable que d'habitude et de mauvaise humeur avec les gens. ☐
23. À cause de mon dos, je monte les escaliers plus lentement que d'habitude. ☐
24. À cause de mon dos, je reste au lit la plupart du temps. ☐

SCORE: _____ / 24

Source: M. Roland and R. Morris. A study of the natural history of back pain. Part I: Development of a baseline and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine* 8 (2):141-144, 1983.