

Université de Montréal

Le rôle des facteurs physiologiques et neuromécaniques dans l'évolution des douleurs lombopelviennes chez la femme enceinte : prévention, évaluation et traitement

Par

Catherine Daneau

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

Thèse présentée

en vue de l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph.D.)

en sciences biomédicales

Octobre 2023

© Daneau, 2023

Université de Montréal

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

Cette thèse intitulée

**Le rôle des facteurs physiologiques et neuromécaniques dans l'évolution des douleurs
lombo-pelviennes chez la femme enceinte : prévention, évaluation et traitement**

Présenté par

Catherine Daneau

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes

Alexandra Lecours
Présidente-rapporteure

Martin Descarreaux
Directeur de recherche

Stephanie-May Ruchat
Codirectrice

Isabelle Doré
Membre du jury

Céline Guilleron
Examinatrice externe

Résumé

La grossesse est une période importante dans la vie d'une femme. Celle-ci va subir différents changements (hormonaux et cliniques) et différentes adaptations (neuromécaniques) qui peuvent contribuer au développement de douleurs dans les régions lombaire et pelvienne, aussi appelées douleurs lombo-pelviennes. Cette thèse vise à déterminer quelle est la contribution des facteurs hormonaux, neuromécaniques et cliniques qui contribuent au développement et à l'évolution des douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte pour éventuellement déterminer quelles sont les approches à adopter en matière de prise en charge de ces douleurs. À l'aide de quatre études (revue intégrative de la littérature, revue narrative, étude de cohorte et étude de faisabilité contrôlée et randomisée), cette thèse a permis de comparer la littérature actuelle avec de nouvelles études et de mettre en lumière les manques encore présents en lien avec ce sujet. La revue intégrative de la littérature a permis de constater que la relaxine (l'hormone la plus étudiée en comparaison à l'œstrogène et la progestérone) ne semble pas être associée au développement ni à l'évolution des douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes. La revue narrative présente les changements hormonaux et biomécaniques ainsi que les adaptations neuromusculaires liées à la grossesse qui pourraient jouer un rôle dans le développement des douleurs lombo-pelviennes pendant la grossesse. L'étude de cohorte a montré une augmentation de l'intensité des douleurs lombo-pelviennes et de l'incapacité physique, une augmentation du risque de mauvais pronostic pour la douleur ainsi qu'une diminution du catastrophisme lié à la douleur au fil de la grossesse. Les résultats ont aussi montré une corrélation entre l'incapacité physique et les niveaux d'œstrogènes (premier-deuxième trimestre), ainsi qu'une corrélation entre les niveaux d'œstrogènes et l'intensité de la douleur diurne (deuxième-troisième trimestre). L'étude de faisabilité contrôlée et randomisée a été réalisée auprès de 32 femmes enceintes recrutées sur une période de 14 mois. Parmi elles, 26 (11 dans le groupe d'intervention et 15 dans le groupe contrôle) ont participé à la visite post-intervention (taux de rétention de 81,3 %). Le taux d'observance était similaire pour les séances d'exercices supervisées et non supervisées, bien que l'acceptabilité fût meilleure pour les séances supervisées par rapport aux séances non supervisées. À la rencontre pré-intervention, les caractéristiques des participantes étaient similaires entre les deux groupes, sauf pour le niveau d'éducation (plus élevé dans le groupe contrôle). Les résultats préliminaires n'ont montré aucune

différence significative dans la fréquence, l'intensité et l'incapacité physique associées aux DLP entre les groupes, bien que des tendances prometteuses aient été observées. Cette thèse examine les changements hormonaux, cliniques, biomécaniques et les adaptations neuromusculaires chez les femmes enceintes souffrant de douleurs lombo-pelviennes. Les résultats montrent qu'un programme d'exercices de contrôle moteur est sûr et faisable avec quelques ajustements, mais que la stabilité de la région lombo-pelvienne demeure complexe et incertaine en raison des variations hormonales et des adaptations neuromécaniques pendant la grossesse. Bien que l'efficacité de l'intervention n'ait pas été statistiquement démontrée, nos résultats ont montré la faisabilité d'une éventuelle étude contrôlée et randomisée à plus grande échelle. Cette thèse identifie également des aspects à considérer pour les futures études visant à améliorer la prise en charge des femmes enceintes souffrant de douleurs lombo-pelviennes pendant la grossesse.

Mots clés : femme enceinte, grossesse, douleur lombo-pelvienne, relaxine, œstrogène, progestérone, électromyographie, cinématique, phénomène de flexion-relaxation, programme de contrôle moteur.

Abstract

Pregnancy is an important period in a woman's life. Pregnant women will undergo different changes (hormonal and clinical) and adaptations (neuromechanical) that can contribute to the development of pain in the lumbar and pelvic region, also known as lumbopelvic pain. This thesis aims to determine the contribution of hormonal, neuromechanical, and clinical factors that contribute to the development and evolution of lumbopelvic pain in pregnant women, to eventually determine which approaches should be adopted in terms of managing these pains. Through four studies (an integrative literature review, a narrative review, a cohort study, and a controlled and randomized feasibility study), it was possible to compare current literature with new studies and highlight the gaps still present in this field. The integrative literature review showed that relaxin (the hormone most studied in comparison to estrogen and progesterone) does not seem to be associated with the development or evolution of lumbopelvic pain in pregnant women. The narrative review presents the hormonal and biomechanical changes as well as the neuromuscular adaptations related to pregnancy that could play a role in the development of lumbopelvic pain during pregnancy. The cohort study showed an increase in the intensity of lumbopelvic pain and disability, an increase in the risk of poor prognosis for pain, as well as a decrease in pain catastrophizing over the course of pregnancy. The results also showed a correlation between disability and estrogen levels (first second trimester), as well as a correlation between estrogen levels and the diurnal lumbopelvic pain intensity (second third trimester). The controlled and randomized feasibility study was conducted on 32 pregnant women recruited over a period of 14 months. Among them, 26 (11 in the intervention group and 15 in the control group) participated in the post-intervention visit (retention rate of 81.3%). Adherence rates were similar for supervised and unsupervised exercise sessions, although acceptability was better for supervised sessions compared to unsupervised sessions. At the pre-intervention meeting, participant characteristics were similar between the two groups, except for education level (higher in the control group). Preliminary results showed no significant differences in frequency, intensity, and disability associated with lumbopelvic pain between the groups, although promising trends were observed. This thesis examines hormonal, clinical, biomechanical changes and neuromuscular adaptations in pregnant women with lumbopelvic pain. The results show that a motor control exercise program is

safe and feasible with some adjustments, but the stability of the lumbo-pelvic region remains complex and uncertain due to hormonal variations and neuromechanical adaptations during pregnancy. Although the effectiveness of the intervention has not been statistically proven, results suggest that its efficacy could potentially be demonstrated through a larger randomized controlled trial. This thesis also identifies aspects to consider for future studies aimed at improving the management of pregnant women with lumbopelvic pain during pregnancy.

Keywords: pregnant woman, pregnancy, lumbopelvic pain, relaxin, estrogen, progesterone, electromyography, kinematic, flexion-relaxation phenomenon, motor control program.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	5
Table des matières	7
Liste des tableaux	12
Liste des figures	13
Liste des sigles et abréviations	15
Remerciements	18
Introduction – Mise en contexte	20
Chapitre 1 – Douleurs lombo-pelviennes, mécanismes et prise en charge chez la femme enceinte	24
1.1 Douleurs lombo-pelviennes liées à la grossesse	24
1.1.1 Anatomie du rachis et du bassin	24
1.1.2 Douleurs lombo-pelviennes	28
1.1.3 Épidémiologie	38
1.1.4 Facteurs de risques	41
1.1.5 Impact psycho-socio-économique	42
1.2 Mécanismes impliqués dans le développement des douleurs lombo-pelviennes	44
1.2.1 Changements hormonaux	44
1.2.2 Changements biomécaniques	47
1.2.3 Adaptations neuromécaniques	50
1.3 Activité physique et douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes	53
Chapitre 2 – Article 1, Association between pregnancy-related hormones and lumbopelvic pain characteristics in pregnant women: a scoping review	58
Résumé	60
Abstract	62
Introduction	63
Methods	64
Identifying the research question	65
Identifying relevant studies	65

Study selection and screening	65
Charting the data	66
Collating, summarizing and reporting the results	66
Results	67
Assessment tools to measure LBPP and pregnancy-related hormones: outcomes measures	68
Risk of bias.....	71
Synthesis of data.....	73
Discussion	77
Limitations and Future Studies	81
Conclusion.....	81
References	82
Chapitre 3 – Article 2, Mechanisms underlying lumbopelvic pain during pregnancy: a proposed model.....	88
Résumé	90
Abstract	92
Introduction	93
Hypothesis.....	93
Lumbopelvic pain underlying mechanisms.....	94
Hormonal changes.....	94
Biomechanical changes	96
Neuromuscular adaptations.....	97
Pain modulation.....	98
Discussion	100
Conclusion.....	103
References	104
Chapitre 4 – Article 3, Evolution of Neuromechanical, Physiological and Clinical Changes in all Trimesters of Pregnancy: a Prospective Cohort Study.....	115
Résumé	117
Abstract	118
Introduction	119
Methods.....	121

Participants	121
Laboratory Assessment Protocol and Hormonal Dosage.....	122
Weekly Text Message Follow-up	123
Electromyography	123
Kinematics.....	123
Data Analysis	124
Statistical Analyses	125
Results	125
Participants' Characteristics and LBPP Clinical Status	127
Levels of Pregnancy-Related Hormones.....	127
Trunk Neuromechanical Characteristics	127
Exploratory Correlations.....	132
Discussion	133
Neuromechanical Adaptations and Clinical Status	134
Hormonal Changes and Clinical Status.....	135
Hormonal Changes and Neuromechanical Adaptations.....	135
Strength and Limitations	135
Conclusion.....	136
References	137
Chapitre 5 – Article 4, The Feasibility of a Motor Control Exercise Program Versus Standard	
Care in the Treatment of Lumbopelvic Pain in Pregnant Women: a Randomized Controlled Pilot	
Trial	142
Résumé	144
Abstract	146
Introduction	148
Methods.....	149
Study design	149
Sample size.....	150
Recruitment & Eligibility criteria	150
Randomization	151
Intervention	151

Data collection.....	153
Statistical analysis	155
Results	155
Primary outcomes measures.....	155
Demographic and pre-intervention characteristics of the participants.....	158
Effect of the intervention on secondary outcomes measures and additional outcomes	159
Discussion	164
Strengths and limitations.....	166
Conclusion.....	167
References	170
Chapitre 6 – Discussion.....	174
Un cadre théorique pour les douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte	177
Changements hormonaux et cliniques.....	177
Changements cliniques et adaptations neuromécaniques.....	179
Changements hormonaux et adaptations neuromécaniques.....	180
Limites et forces des travaux.....	182
Perspectives cliniques et scientifiques	185
Conclusion.....	188
Références bibliographiques	189
Annexe A . Article 5, Effects of a Motor Control Exercise Program on Lumbopelvic Pain Recurrences and Intensity in Pregnant Women with a History of Lumbopelvic Pain: a Study Protocol for a Randomized Controlled Feasibility Trial.	202
Résumé	204
Abstract	206
Background	208
Methods/design	210
Design.....	210
Recruitment	211
Eligibility criteria	211
Sample size.....	212
Randomization	212

Intervention	213
Data collection.....	214
Primary outcome measures	214
Secondary outcome measures.....	215
Statistical analysis	219
Progression criteria.....	219
Discussion	220
References	223
Annexe B . Détails de la recherche de la littérature (recherche bibliographique) (article 1).....	234
Annexe C . Questionnaire de douleur à la ceinture pelvienne	246
Annexe D . STarT Back outil triant	248
Annexe E . Questionnaire sur le catastrophisme.....	249
Annexe F . Questionnaire sur la notion d’appréhension-évitement	250
Annexe G . Échelle de kinésiophobie de Tampa	251
Annexe H . Inventaire d’anxiété situationnelle et de trait d’anxiété – forme Y	252
Annexe I . Inventaire de dépression de Beck	254
Annexe J . Questionnaire d’activité physique pendant la grossesse	255

Liste des tableaux

Tableau 1 – Différences entre le bassin chez la femme et l’homme.....	25
Tableau 2 – Muscles de la région lombaire.....	28
Tableau 3 – Caractéristiques des douleurs lombaires et pelviennes.	31
Table 4 – Assessment summary of risk of bias.	72
Table 5 – Summary of data synthesis.....	74
Table 6 – Participants’ characteristics.....	126
Table 7 – Clinical changes throughout trimesters of pregnancy.	128
Table 8 – Physiological changes throughout the trimesters of pregnancy.....	130
Table 9 – Neuromechanical changes throughout the trimesters of pregnancy.	131
Table 10 – Clinical and physiological changes between trimesters.....	132
Table 11 – Demographic and pre-intervention characteristics of the participants.....	158
Table 12 – Changes between pre- and post-intervention visit for each group.....	160
Table 13 – First and last three weeks of data collection for both groups.....	161
Table 14 – Timeline of the various interventions and outcome assessments.....	218

Liste des figures

Figure 1. – Structures des ligaments de la colonne vertébrale. Vue latérale de la colonne vertébrale de T11 à L3 avec T11 et T12 sectionnées dans le plan sagittal de façon à voir les structures internes des vertèbres.....	26
Figure 2. – Structures des ligaments du bassin chez la femme. Vue antérosupérieure (a) et postérieure (b) des ligaments.....	27
Figure 3. – Localisation anatomique des douleurs (a) lombaires et (b) pelviennes.	30
Figure 4. – Position de départ du test (a), soit l'élévation de la jambe active, et la fin du mouvement effectué (b) par la femme enceinte.	33
Figure 5. – Position de départ du test (a), soit le test de Faber, et la fin du mouvement effectué (b) à l'aide de l'évaluatrice.....	34
Figure 6. – Position de départ du test (a), soit le test de Trendelenburg modifié, et la fin du mouvement effectué (b) par la femme enceinte.	35
Figure 7. – Position de départ du test (a), soit le test de Menell, et la fin du mouvement effectué (b) à l'aide de l'évaluatrice.....	36
Figure 8. – Position de départ du test (a), soit le test de provocation de la douleur pelvienne, et la fin du mouvement effectué (b) à l'aide de l'évaluatrice.	37
Figure 9. – Représentation de la prévalence des douleurs lombaires (DL), pelviennes (DP) et lombo-pelviennes (DLP) chez la femme enceinte dans différentes régions du monde. Les semaines de grossesse sont mentionnées entre parenthèses	40
Figure 10. – Représentation graphique des trois hormones de grossesse étudiées dans cette thèse. La ligne pleine représente la relaxine, la ligne composée de tirets représente l'œstrogène et la ligne pointillée représente la progestérone.....	47
Figure 11. – Représentation des changements anatomiques et biomécaniques.....	48
Figure 12. – Représentation graphique de l'activation des muscles érecteurs du rachis lors de la tâche de flexion-relaxation du tronc chez une population (a) sans douleur et (b) avec douleur. La tâche consiste en trois mouvements : 1) position initiale debout, 2) flexion du tronc jusqu'à la flexion maximale de l'individu et 3) extension du tronc jusqu'à la position initiale.....	52
Figure 13. – Flow diagram of study selection.....	68

Figure 14. – Proportion representation of the most commonly reported evaluation tools for exposure and outcome measures.70

Figure 15. – This model presents the potential pregnancy-related hormonal and biomechanical changes as well as neuromuscular adaptations that may play a role in the development and intensity of lumbopelvic pain (LBPP) in pregnant women..... 102

Figure 16. – The number of participants in each pregnancy trimester. 126

Figure 17. – Clinical changes throughout pregnancy. LBPP: lumbopelvic pain; T: trimester. A) Nocturnal LBPP intensity (blue), diurnal LBPP intensity (orange) and disability (grey). B) Risk of poor prognosis of prolonged lumbar disability (STarT Back Screening Tools), from left to right, trimester 1 (green), trimester 2 (purple) and trimester 3 (yellow). C) Avoidance behaviors related to physical activity (Fear Avoidance Beliefs Questionnaire), from left to right, trimester 1 (green), trimester 2 (purple) and trimester 3 (yellow). D) Pain catastrophizing (Pain Catastrophizing Scale), from left to right, trimester 1 (green), trimester 2 (purple) and trimester 3 (yellow). * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ 129

Figure 18. – Significant positive correlations between estrogen and A) disability (Pelvic Girdle Questionnaire) (change between first and second trimester) and B) diurnal LBPP intensity (change between second and third trimester). LBPP: lumbopelvic pain. 133

Figure 19. – Examples of an exercise (offering different levels of difficulty) for strengthening the thigh and pelvic muscles. Several information was included on the participant's exercise program: technical points for performing the exercise, number of sets and repetitions, tempo or duration of the exercise as well as duration of break between sets or repetitions..... 152

Figure 20. – Flowchart of the pilot trial. 156

Figure 21. – Adherence rate during supervised and unsupervised exercise sessions. 157

Figure 22. – Means and standard error for weekly nocturnal and diurnal LBPP for both groups (intervention, green line and control group, blue dash line) throughout the study. Data obtained in the first and last three weeks of data collection were averaged. 161

Figure 23. – Proportion of treatment received by participants outside of the study. The intervention group is shown in green, and the control group is shown in blue. "N" presented refers to the number of treatment sessions received by the participants. 163

Figure 24. – Activation musculaire des érecteurs du rachis lors de la tâche de flexion-relaxation au troisième trimestre de grossesse (troisième étude). 180

Liste des sigles et abréviations

ACL: *anterior cruciate ligaments*

ASIS: *anterior superior iliac spine*

ASLR: *active straight leg raising test*

BDI: *Beck Depression Inventory*

BMI: *body mass index*

CI: *confidence interval*

CINAHL: *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature*

CIUSSS-MCQ : Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec

CMIA : *chemiluminescent macroparticle immunoassay*

DL : douleurs lombaires

DLP : douleurs lombo-pelviennes

DP : douleurs pelviennes

DRI: *Disability Rating Index*

ECLIA: *electrochemiluminescence immunoassay*

ELISA: *enzyme linked immunosorbent assay*

EMG: *electromyography*

FABQ: *Fear Avoidance Beliefs Questionnaire*

FRR: *flexion-relaxation ratio*

HCSL-25: *Hopkins Symptoms Check List*

IRM : imagerie par résonance magnétique

ISF : indice synthétique de fécondité

LBP: *low back pain*

LBPP: *lumbopelvic pain*

PA: *physical activity*

PCS: *Pain Catastrophizing Scale*

PFMT: *pelvic floor muscle training*

PFR : phénomène de flexion relaxation / tâche de flexion-relaxation / *flexion-relaxation task*

PGP: *pelvic girdle pain*

PGQ: *Pelvic Girdle Questionnaire*

PPAQ: *Pregnancy Physical Activity Questionnaire*

REPAR : Réseau Provincial de Recherche en Adaptation-Réadaptation

RMS: *root mean square*

RR: *relative risk*

SD: *standard deviation*

sEMG : *surface EMG*

STAI-Y: *State-Trait Anxiety Inventory, Y Form*

TSK: *Tampa Scale Questionnaire*

VAS: *visual analog scale*

Marie Louise Laure Daneau .

Remerciements

Merci à ma direction d'avoir été un duo parfait pour moi afin de me faire cheminer à travers mes cinq ans de doctorat. Martin, un merci rétrospectif depuis 2015. Merci d'avoir répondu à mon courriel en décembre 2014 et de m'avoir fait découvrir la recherche en externat de baccalauréat. Avec ta passion, tes conseils et ta grande disponibilité, j'ai su apprendre et m'améliorer tant en recherche que dans ma vie en général. Merci d'avoir cru en moi dans différentes sphères de la recherche et à travers plusieurs projets. Stephanie, merci pour ton partage de connaissances en lien avec les femmes enceintes. Merci pour ton éthique et ta rigueur de travail qui m'a fait repousser mes limites et prendre conscience que chaque chose a sa raison d'être.

Merci aux participantes de mes projets; votre intérêt, votre engagement et vos disponibilités m'ont permis de rendre mon doctorat plus facile à mener à terme. Merci à la Clinique de Gynécologie et d'Obstétrique de Trois-Rivières pour votre aide inestimable dans le recrutement des participantes : Véronique, Mélanie, Danielle, Roseline, Hélène, Julie, Diane & Lise. Merci à la clinique de Périnatalité de Trois-Rivières de m'avoir aussi permis de recruter dans votre établissement. Finalement, merci au département de Gynécologie et l'Obstétrique du CIUSSS-MCQ pour votre aide dans le recrutement. Un remerciement spécial à Laurence; merci d'avoir accepté d'être la kinésiologue sur mon projet.

Merci à Isabelle, Gabriel, Mégane, Mathieu, Émile, Julien, Bastien, Jeffrey ainsi que tous ceux qui ont passé par le 3604CH au cours de mon doctorat. Merci à Andrée-Anne; parce que ton aura apaisante m'a toujours aidé à voir plus clair par la suite. Merci à Jacques parce que « Jacques tout simplement »; merci d'avoir été là pour moi depuis 2015, de m'avoir accueilli avec mes interrogations, et ce même si nous n'étions plus voisins de bureau.

Merci à ma « gang » de filles du laboratoire : Mariève, Arianne, Marie-Andrée, Florence & Janny. Sans vous pour m'écouter et me faire décrocher de mon doctorat, les cinq dernières années auraient paru bien longues. Mariève, merci beaucoup pour tes réponses à mes « est-ce que je peux te déranger », ton chocolat et nos discussions de cadrage de porte, merci d'avoir partagé le « même chemin » que moi à quelques mois d'écart.

Merci à ma famille et mes ami(e)s pour leur soutien; merci Alexandra pour ton temps investi à corriger chacun de mes documents, et ce depuis le début de ma maîtrise. Merci à ma mère et mon père qui m'ont écouté raconter toutes mes anecdotes en lien avec mon doctorat avec intérêt et avoir su m'encourager à aller au bout de cette expérience doctorale. Finalement, merci à mes filleules, Alice et Estelle. Bien que vous ne sachiez pas le travail que je faisais, vous m'avez inconsciemment aidé à penser à autre chose le temps d'un moment ; à m'amuser et à rire avec vous.

Introduction – Mise en contexte

À chaque année, différentes statistiques sur la femme enceinte permettent de faire le portrait des grossesses et ce à travers le monde. Plusieurs variables telles que l'âge des femmes à l'accouchement, le nombre de naissances et l'indice synthétique de fécondité permettent de dresser un portrait moyen de la femme enceinte québécoise. En date de l'année 2020, l'âge moyen des femmes canadiennes à l'accouchement était un peu plus élevé (31,3 ans) comparativement à la province du Québec (30,8 ans) (Canada, 2021). L'indice synthétique de fécondité (ISF) étant la mesure la plus couramment utilisée, correspond à la somme des taux de fécondité par tranche d'âge. En 2019, au Canada, le nombre de naissance était de 372 038 et son ISF était de 1,62. Au Québec, le nombre de naissance était de 84 309 et l'ISF était de 1,88 (Canada, 2020; Institut de la Statistique du Québec, 2020, 2021). Dans la région de la Mauricie-Centre-du-Québec, la Mauricie a enregistré environ 2300 naissances (ISF : 1,62) et le Centre-du-Québec a enregistré 2450 naissances (ISF : 1,88) (Institut de la Statistique du Québec, 2020).

La grossesse est une période charnière de la vie d'une femme et a de nombreuses répercussions dans différentes sphères de sa vie. En effet, plusieurs changements ont lieu tant du côté biomécanique et neuromusculaire, physiologique que psycho-affective tout au long des différents trimestres de grossesse (Casagrande, Gugala, Clark, & Lindsey, 2015; Fitzgerald & Segal, 2015). La grossesse normale dure 280 jours ou 40 semaines. Toutefois, toute grossesse dont la durée est comprise entre 37 et 42 semaines est considérée comme une grossesse à terme. Elle se définit par trois trimestres : premier trimestre, de la conception à 12 semaines, deuxième trimestre, de la 13^e à la 24^e semaine, et troisième trimestre, de la 25^e semaine à l'accouchement (Rankin, 2017).

La plupart des tissus et organes chez la femme enceinte se modifient en raison de la grossesse. Ces changements comprennent une altération de la taille, de la morphologie, des fonctions et de la réactivité des tissus et organes aux signaux hormonaux (Napso, Yong, Lopez-Tello, & Sferruzzi-Perri, 2018). Étant donné différents changements dans le corps de la femme, certaines problématiques de santé (par exemple, diabète gestationnel, pré-éclampsie) peuvent se développer au cours de la grossesse et avoir un impact à court et long terme sur la santé de la femme et de son futur bébé. Cependant, la prise en charge actuelle des douleurs lombo-pelviennes n'est pas toujours adéquate.

Ce travail est présenté sous forme de thèse par articles. Les travaux ont été effectués dans le cadre du programme du Doctorat en sciences biomédicales de l'Université de Montréal, offert en extension à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Cette thèse est divisée en six chapitres et comprend une conclusion générale. De plus, des annexes sont présentées à la fin de la thèse (articles, précisions sur des articles, questionnaires utilisés pour les projets de recherche). L'ensemble des travaux a pour objectif de répondre à la question suivante :

Quelle est la contribution des facteurs hormonaux, neuromécaniques et cliniques au développement et à l'évolution des douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte pour éventuellement déterminer quelles sont les approches à adopter en matière d'évaluation, de traitement et de prévention de ces douleurs.

Le premier chapitre fait état des connaissances sur les douleurs lombo-pelviennes, les changements et adaptations au cours de la grossesse ainsi que la prise en charge en kinésiologie chez la femme enceinte. Cette section sera brièvement présentée puisqu'un des articles de la thèse (chapitre trois) présente en profondeur différents points abordés dans ce premier chapitre.

Le deuxième chapitre présente le premier projet de doctorat dont les résultats ont été publiés dans la revue « *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics* » en septembre 2021. Cette revue intégrative de la littérature nous a permis de documenter et de quantifier les associations potentielles entre certaines hormones de grossesse (relaxine, œstrogène et progestérone) et la présence et l'intensité des douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte. Elle permet aussi d'identifier et de décrire les différentes approches et les outils de mesure choisis pour étudier ces variables. À la suite de cette revue de la littérature, la relaxine ne semble pas être associée au développement ni à l'évolution des douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes. Les faiblesses identifiées dans les articles retenus dans ce travail sont l'hétérogénéité de la définition des douleurs lombo-pelviennes et l'absence d'étude incluant l'œstrogène et la progestérone dans la prise de mesure hormonale.

Le troisième chapitre présente le deuxième projet de doctorat dont les résultats ont été publiés dans la revue « *Frontiers in Pain Research* » en décembre 2021. Il s'agit d'une revue narrative qui suggère un modèle permettant de mettre en lumière les différents mécanismes pouvant expliquer

le développement des douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte. Cet article présente les changements hormonaux (augmentation des niveaux de relaxine, d'œstrogène et de progestérone) et biomécaniques (modification de la posture, de la répartition des charges et des contraintes mécaniques) ainsi que les adaptations neuromusculaires (augmentation de l'activation des muscles lombo-pelviens et diminution de l'endurance des muscles du plancher pelvien) liées à la grossesse qui pourraient jouer un rôle dans le développement des douleurs lombo-pelviennes pendant la grossesse. Ce modèle présente aussi la façon dont ces divers changements et adaptations interagissent potentiellement dans le développement des douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes.

Le quatrième chapitre présente le troisième projet de doctorat dont les résultats seront soumis dans la revue « Journal of Electromyography and Kinesiology » en 2023. Ce projet, réalisé en laboratoire, avait pour but d'étudier l'évolution des changements neuromécaniques, physiologiques et cliniques tout au long de la grossesse chez des femmes enceintes et d'étudier s'il existe des corrélations entre ces changements. Les résultats ont montré une augmentation de l'intensité des douleurs lombo-pelviennes et de l'incapacité physique, ainsi qu'une augmentation du risque de mauvais pronostic pour la douleur ainsi qu'une diminution du catastrophisme lié à la douleur au fil de la grossesse. Les caractéristiques neuromécaniques sont demeurées similaires tout au long des trois trimestres de grossesse. Les résultats ont également révélé une corrélation entre l'incapacité physique et les niveaux d'œstrogènes (premier-deuxième trimestre), ainsi qu'une corrélation entre les niveaux d'œstrogènes et l'intensité de la douleur diurne (deuxième-troisième trimestre).

Le cinquième chapitre présente le quatrième projet de doctorat, dont les résultats ont été soumis dans la revue « BMC Women's Health » en avril 2023. L'objectif principal était d'évaluer la faisabilité d'un programme d'exercices de contrôle moteur auprès de femmes enceintes ayant un historique de douleurs lombo-pelviennes. L'objectif secondaire était d'effectuer une évaluation préliminaire de l'efficacité du programme d'exercices. Trente-deux participantes ont été recrutées sur une période de 14 mois. Parmi elles, 26 (11 dans le groupe d'intervention et 15 dans le groupe contrôle) ont participé à la visite post-intervention (taux de rétention de 81,3 %). Le taux d'observance était similaire pour les séances d'exercices supervisées et non supervisées, bien que l'acceptabilité fût meilleure pour les séances supervisées par rapport aux séances non supervisées. Aucun événement indésirable n'a été signalé. À la rencontre pré-intervention, les caractéristiques

des participantes étaient similaires entre les deux groupes, sauf pour le niveau d'éducation (plus élevé dans le groupe contrôle). Les résultats préliminaires n'ont montré aucune différence significative dans la fréquence, l'intensité et l'incapacité physique associées aux douleurs lombopelviennes entre les groupes, bien que des tendances prometteuses aient été observées. Le protocole de ce projet de doctorat a été enregistré le 27 avril 2021 au US National Institutes of Health Clinical Trials (NCT04253717) et a été publié dans la revue « Pilot and Feasibility Studies » en mars 2022 (voir l'annexe A pour l'étude complète).

Enfin, le sixième chapitre propose une discussion générale des résultats des travaux de cette thèse. De plus, ce chapitre comprend une discussion sur les forces et limites de la thèse ainsi que des perspectives cliniques et de recherche.

Chapitre 1 – Douleurs lombo-pelviennes, mécanismes et prise en charge chez la femme enceinte

1.1 Douleurs lombo-pelviennes liées à la grossesse

1.1.1 Anatomie du rachis et du bassin

Structures osseuses

La colonne vertébrale est composée d'environ 33 vertèbres dont chacune comprend différentes structures à l'exception de l'atlas et de l'axis. Ces différents éléments ont pour fonction de supporter le corps humain dans une position statique ou pendant des mouvements (corps vertébral) et de protéger la moelle épinière (arc vertébral). La colonne vertébrale se compose de cinq régions (cervicale, thoracique, lombaire, sacrale et coccygienne) et elle est visuellement définie par deux types de courbures. La cyphose est observable dans les régions thoraciques et sacrales tandis que la lordose est observable dans les régions cervicales et lombaires. Chaque région de la colonne vertébrale comprend un nombre variable de vertèbres et varie légèrement dans la structure. La région cervicale comprend sept vertèbres dont les deux premières, l'atlas et l'axis, permettent les mouvements de la tête. La région thoracique comprend 12 vertèbres qui s'articulent avec les côtes. La région lombaire comprend cinq vertèbres, dont le corps vertébral de grande taille et la structure robuste de cette région, qui permettent le soutien du corps humain (Drake, Volg, & Mitchell, 2010). La région sacrale comprend cinq vertèbres soudées entre elles pour former le sacrum. De fait, ceci permet le renforcement et la stabilisation du bassin. La région coccygienne comprend un nombre variable de vertèbres soudées, allant de trois à cinq, et formant le coccyx (Drake et al., 2010).

Le pelvis, quant à lui, se compose de deux os coxaux, le sacrum et le coccyx. Il s'articule à la colonne vertébrale avec la cinquième vertèbre lombaire. Les os coxaux sont de formes irrégulières et se composent de trois structures soit l'ilium, le pubis et l'ischium. Tel que présenté dans le paragraphe précédent, le sacrum est composé de cinq vertèbres sacrales soudées tandis que le coccyx comprend trois à cinq vertèbres coccygiennes soudées. Le pelvis est aussi composé de trois articulations principales soit l'articulation lombosacrée et sacro-iliaque, ainsi que la symphyse pubienne. Ces articulations sont stabilisées par différents ligaments qui renforcent l'unité

fonctionnelle que constitue le pelvis (Drake et al., 2010). Le pelvis chez l’homme et la femme présente des différences notables (voir Tableau 1). Parmi ces différences on retrouve, entre autres, des différences au niveau de l’ouverture supérieure chez la femme qui est de forme circulaire et au niveau de l’angle formé entre les tubérosités ischiatiques qui est plus important (80-85°) que chez l’homme (50-60°). Le pelvis de la femme offre une configuration qui facilite le passage du bébé lors de l’accouchement et subira au cours de la grossesse des changements mécaniques et physiologiques significatifs.

Structure	Femme	Homme
Faux pelvis	Large et peu profond	Étroit et profond
Entrée du bassin	Transversalement ovale	En forme de cœur
Sortie pelvienne	Spacieuse et ronde	Étroite et ovale
Tubérosités ischiatiques	Évasées	Inversées
Cavité pelvienne	Spacieuse et peu profonde	Étroite et profonde
Sacrum	Court, large et plat	Long, étroit et convexe
Angle sous-pubien	80-85°	50-60°

Tableau 1 – Différences entre le bassin chez la femme et l’homme.

(Adapté de Schünke et al., 2016)

Ligaments

Les ligaments du corps humain, principalement composés de collagène, ont pour fonction le maintien des structures osseuses. Les ligaments longitudinaux antérieurs et postérieurs recouvrent les corps vertébraux et les disques intervertébraux. Ils limitent l’extension et la flexion de la colonne vertébrale. Les ligaments jaunes, constitués de tissus élastiques, se situent entre les lames de deux vertèbres adjacentes. Ces ligaments limitent l’écartement des lames lors de mouvements de flexion du tronc et guident au retour à la position anatomique lors de l’extension du tronc (Drake et al., 2010). D’autres ligaments tels que le ligament supraépineux et nuchal, ainsi que les ligaments interépineux permettent le support de la colonne vertébrale à différents niveaux (voir Figure 1). Les articulations lombosacrées sont stabilisées par les ligaments iliolumbal et lombosacral.

L'articulation sacro-iliaque est stabilisée par trois ligaments, soit le ligament sacro-iliaque antérieur, l'interosseux et le postérieur. L'articulation de la symphyse pubienne, quant à elle, est stabilisée par deux principaux ligaments : pubien supérieur et inférieur (voir Figure 2) (Drake et al., 2010).

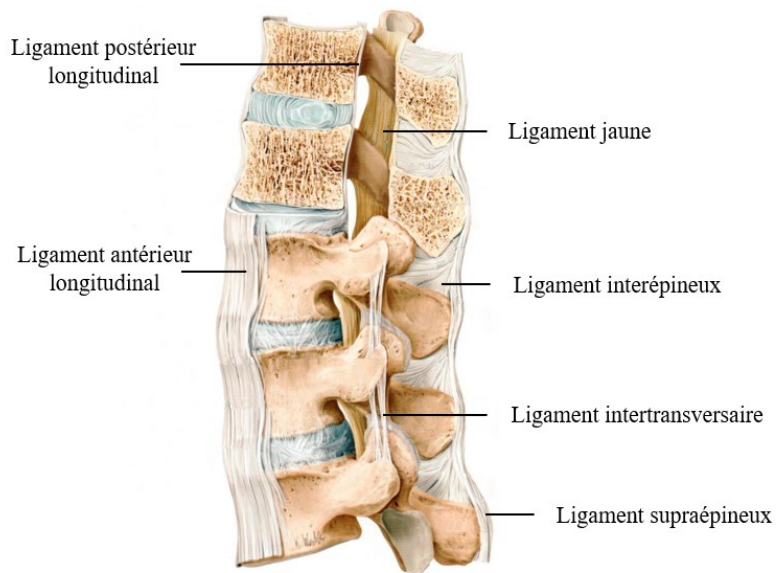


Figure 1. – Structures des ligaments de la colonne vertébrale. Vue latérale de la colonne vertébrale de T11 à L3 avec T11 et T12 sectionnées dans le plan sagittal de façon à voir les structures internes des vertèbres.

(Adapté de Schünke et al., 2016)

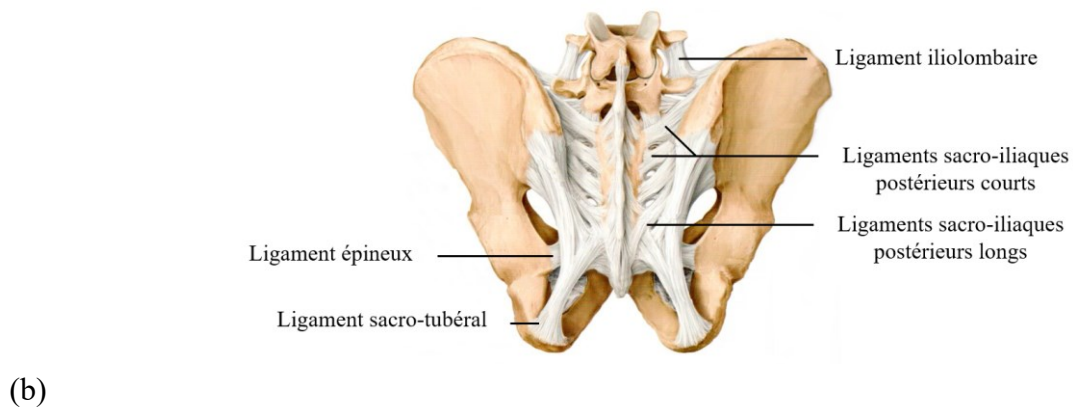
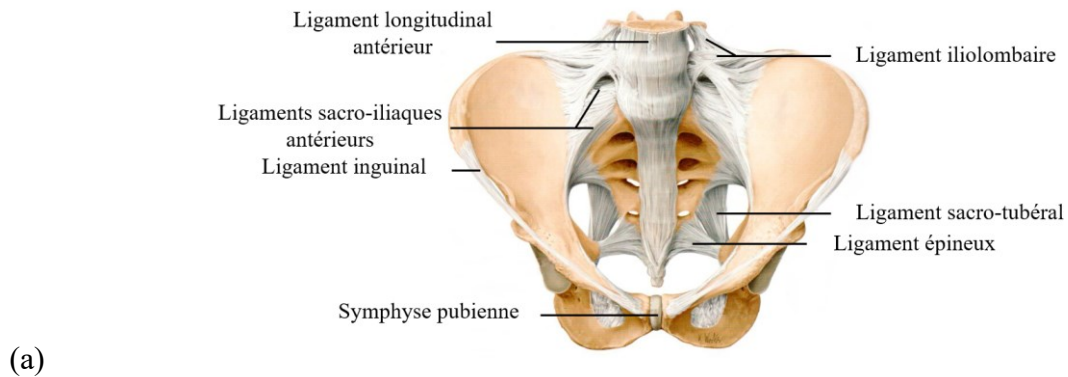


Figure 2. – Structures des ligaments du bassin chez la femme. Vue antérosupérieure (a) et postérieure (b) des ligaments.

(Adapté de Schünke et al., 2016)

Muscles

Le corps humain est composé de muscles en couche superficielle, intermédiaire et profonde qui permettent le maintien d'une position statique ou la réalisation d'un mouvement. Les muscles ont pour fonction de produire des mouvements tels que la flexion, l'extension et la rotation. Ils servent aussi à stabiliser les articulations dans les différents axes de mouvement ce qui permet un meilleur contrôle de la posture et des mouvements. De ce fait, et malgré les différentes courbures de la

colonne vertébrale, un équilibre du corps humain est conservé (Claus, Hides, Moseley, & Hodges, 2009). Les principaux muscles étudiés dans cette thèse sont les érecteurs du rachis. Ils sont composés de l'*iliocostalis*, du *longissimus* et du *spinalis* (voir Tableau 2).

Muscles	Origines (O) et insertions (I)	Actions
Muscles dorsaux intrinsèques intermédiaires (<i>erector spinae</i>)		
<i>Iliocostalis</i>	O : Sacrum, processus épineux des vertèbres lombaires et des basses thoraciques et crête iliaque I : Angles des sixième et septième basses côtes	Bilatéral : extension du rachis Unilatéral : flexion latérale
<i>Longissimus</i>	O : Sacrum, processus épineux des vertèbres lombaires et crête iliaque I : Processus costiformes des vertèbres lombaires	Bilatéral : extension du rachis Unilatéral : flexion latérale
<i>Spinalis</i>	O : Processus épineux (thoracique et L2 – L3) I : Processus épineux (thoracique)	Bilatéral : extension du rachis (cervical, thoracique) Unilatéral : flexion latérale du rachis (cervical, thoracique)

Tableau 2 – Muscles de la région lombaire.

(Adapté de Schünke et al., 2016)

1.1.2 Douleurs lombo-pelviennes

Les différents et nombreux changements et adaptations que les femmes subissent pendant leur grossesse sont associés à une prévalence plus élevée de différentes conditions musculosquelettiques. Une étude descriptive récemment publiée avait pour objectif de déterminer les types de douleurs et les symptômes musculosquelettiques les plus souvent rapportés chez les femmes enceintes en termes de fréquences, caractéristiques cliniques et progression au cours de la grossesse. Cette étude, réalisée auprès de 184 femmes enceintes, montre que la région lombaire (ainsi que le dos en général), les poignets et les hanches sont les trois régions où les femmes

rapportaient le plus souvent de la douleur pendant la grossesse. Plus précisément, le troisième trimestre est celui où les femmes observent une augmentation de la sévérité des douleurs comparativement au premier et deuxième trimestre (Kesikburun et al., 2018).

Définition

Au cours de la grossesse, les femmes sont donc sujettes à développer des douleurs aux régions lombaire et pelvienne. Elles peuvent développer un seul des deux types de douleur ou une combinaison des deux types, communément appelées « douleurs lombo-pelviennes (DLP) ». D'une part, les douleurs lombaires (DL) sont définies par une douleur sous la douzième côte et au-dessus du pli fessier inférieur (Vleeming, Albert, Östgaard, Stureson, & Stuge, 2008), accompagnée ou non d'une douleur aux membres inférieurs (Casagrande et al., 2015). D'autre part, les douleurs pelviennes (DP) se situent aux alentours de l'articulation sacro-iliaque entre la crête iliaque postérieure et le pli fessier inférieur. Les DP peuvent aussi irradier jusqu'à la cuisse en postérieure. Cette douleur touche les trois articulations principales du pelvis, soit l'articulation lombo-sacrée et sacro-iliaque ainsi que la symphyse pubienne (Vleeming et al., 2008) (voir Figure 3). Les DP peuvent aussi être divisées en quatre autres types de douleurs ressenties au quotidien : syndrome de la ceinture pelvienne (douleur ressentie aux trois articulations), symphysiolyse (douleur seulement à la symphyse pubienne n'impliquant pas une véritable lyse à cette structure) ainsi que le syndrome unilatéral et bilatéral (douleur d'une ou des deux articulations sacro-iliaques) (Albert, Godskesen, & Westergaard, 2000).

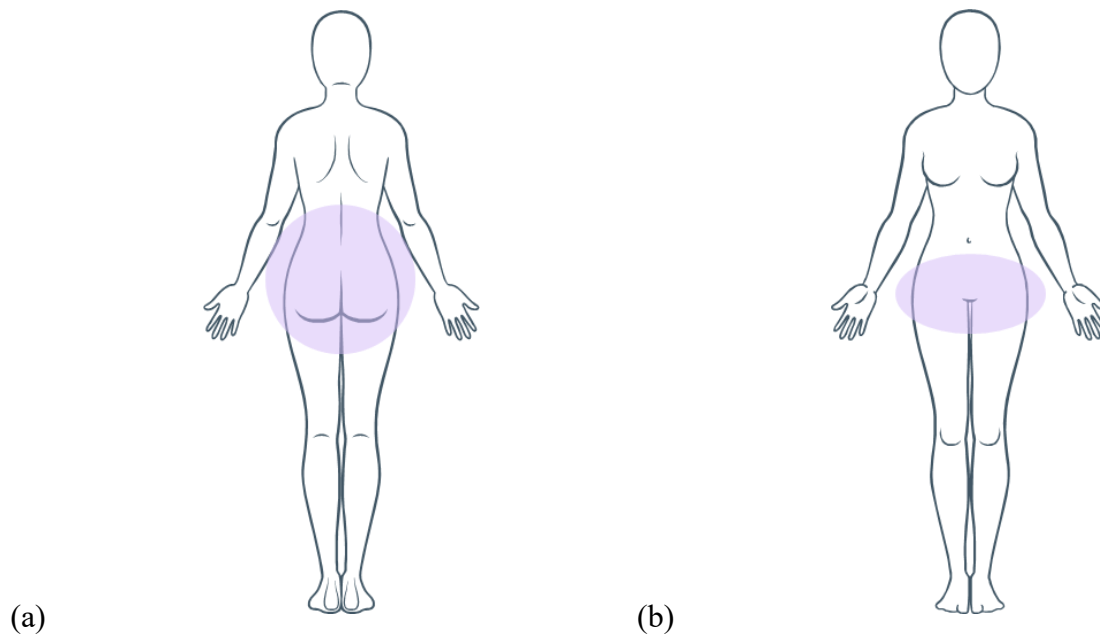


Figure 3. – Localisation anatomique des douleurs (a) lombaires et (b) pelviennes.

Bien que la définition des deux types de douleurs ne soit pas encore standardisée dans la littérature, certaines caractéristiques ont quand même été associées à un des deux types de douleurs (Norén, Östgaard, Johansson, & Östgaard, 2002; Östgaard, Zetherström, & Roos-Hansson, 1994) (voir Tableau 3). Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi de définir les DLP comme étant une douleur se situant sous la douzième côte et au-dessus du pli fessier inférieur douleur et/ou une douleur aux alentours de l'articulation sacro-iliaque entre la crête iliaque postérieure.

Douleur lombaire	Douleur pelvienne
Historique de douleur	Nouveau type de douleur, débute pendant la grossesse
Douleur dans la région lombaire	Douleur dans la région pelvienne en postérieur (seulement gauche ou droite, ou la combinaison des deux)
Mouvement réduit de la région lombaire	Mouvement normal de la région lombaire
Douleur à la palpation des muscles lombaires	Douleur à la palpation des muscles fessiers
Douleur en position debout ou à la marche	Douleur en position debout ou à la marche
Douleur constante	Intervalles de temps sans douleur
Test de provocation de la douleur négatif	Test de provocation de la douleur positif

Tableau 3 – Caractéristiques des douleurs lombaires et pelviennes.

(Norén et al., 2002)

Diagnostic

Plusieurs informations (questions ou examens) peuvent être pertinentes à recueillir afin de déterminer les répercussions des douleurs sur le quotidien général de la femme enceinte et des douleurs qu'elle perçoit (entre autres, fréquence et sévérité). L'une des premières étapes lors de l'évaluation de la femme enceinte est un examen général. De plus, une évaluation de la qualité de son sommeil, de son humeur et de ses comportements (personnel, professionnel et social) est recommandée. Puisque plusieurs sphères de la vie de la femme enceinte sont affectées par ces douleurs, il est essentiel de ne pas se concentrer que sur l'évaluation physique, mais bien sur l'ensemble de la femme tel que l'évaluation psychologique. Bien que cette thèse n'aborde pas spécifiquement le rôle des facteurs psychologiques dans le développement des DLP chez la femme enceinte, elle s'attarde à plusieurs caractéristiques psychologiques telles que la kinésiophobie, l'anxiété, le catastrophisme face à la douleur et la dépression ont été mesurées puisqu'elles peuvent influencer l'évolution des DLP. Un examen neuromécanique permet d'évaluer les mécaniques de marche et la posture de la femme enceinte puisque ceux-ci seront modifiés en raison de différents changements et adaptations observables et non observables présentés dans les prochains sous-chapitres. L'examen neurologique est réalisé à l'aide de tests de force musculaire, sensoriels et

réflexes (Fitzgerald & Segal, 2015). Certains types d'examen seront utilisés de façon moins fréquente pour diagnostiquer les DL, DP ou DLP chez les femmes enceintes tels que l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou l'ultrason, tandis que d'autres seront privilégiés chez les femmes enceintes. Bien que l'IRM n'ait pas démontré d'effets néfastes sur le fœtus, la sécurité totale de l'IRM pendant la grossesse n'a pas encore été établie (Kanal et al. 2007). Les avantages potentiels doivent toujours être pris en compte et surpasser les risques envers la mère et le fœtus pendant la grossesse (Kanal et al., 2007). Ainsi, les examens physiques (dernière étape) sont intéressants pour évaluer ces douleurs pendant la grossesse puisqu'ils sont rapides, facilement réalisables par le clinicien et sans risque pour la mère et le fœtus (Fitzgerald & Segal, 2015).

Chaque test physique peut avoir une sensibilité et une spécificité qui l'identifie comme étant un test adéquat à utiliser ou non selon sa capacité de détection (sensibilité) et de discrimination (spécificité). La sensibilité d'un test est définie par la capacité d'un instrument de mesure à identifier correctement les individus ayant les caractéristiques recherchées (Le Corff & Yergeau, 2017). Dans le cas de cette thèse, un test sensible est un test permettant d'identifier les femmes enceintes présentant des DL, DP ou DLP afin, par exemple, d'intervenir auprès d'elles pour une prise en charge optimale. La spécificité d'un test est définie par la capacité d'un instrument de mesure à identifier les individus n'ayant pas de caractéristique recherchée (Le Corff & Yergeau, 2017). Dans le cas de cette thèse, la spécificité permettrait d'identifier les femmes enceintes asymptomatiques. La sensibilité et la spécificité maximale d'un test est 100% (ou 1,00). Lorsqu'un test est très spécifique, il est généralement moins sensible et vice versa. Trois autres caractéristiques doivent être prises en compte lorsqu'il est temps de choisir un test : la fidélité, la validité et la sensibilité au changement. La fidélité d'un instrument de mesure est définie par le degré de précision des résultats (capacité à produire un score observé qui est le plus proche possible du score vrai de l'individu évalué) et la reproductibilité des résultats (obtention de résultats hautement similaires lorsqu'un individu est évalué à l'aide du même instrument de mesure à deux moments dans le temps) (Le Corff & Yergeau, 2017). Le coefficient de fidélité varie entre non précis (0) et parfaitement précis (1). La validité d'un instrument de mesure est définie par sa capacité à mesurer ce qu'il doit mesurer et permettre d'utiliser les résultats correctement (Le Corff & Yergeau, 2017). Les cinq tests suivants peuvent être utilisés chez les femmes enceintes pour évaluer la douleur.

1. L'élévation de la jambe active (*Active Straight Leg Raise*)

Le test fonctionnel d'élévation de la jambe active s'effectue en position couchée sur le dos avec les jambes droites, détendues et les pieds écartés de 20 cm. L'évaluateur demande à la patiente « d'essayer de lever les jambes de cinq centimètres, l'une après l'autre, au-dessus de la table de traitement sans fléchir le genou ». Lors de la réalisation du test, l'évaluateur prend note de la vitesse d'élévation et l'apparition de tremblement de la jambe, du degré de rotation du tronc et des expressions émotionnelles, verbales et non verbales de la patiente (J. Mens, Vleeming, Snijders, Stam, & Ginai, 1999). La fiabilité du test d'élévation de la jambe active lors d'un test-retest a été analysée avec le coefficient de corrélation de Pearson. Le coefficient obtenu était de 0,82 et le coefficient de corrélation intra classe était de 0,82 (fiabilité forte) (J. M. Mens, Vleeming, Snijders, Koes, & Stam, 2001; Vleeming et al., 2008). La sensibilité du test a été établie à 0,87 et la spécificité du test à 0.94 (J. M. Mens et al., 2001). La position de départ du test « élévation active de la jambe » ainsi que la position finale du test sont illustrées à la figure 4.

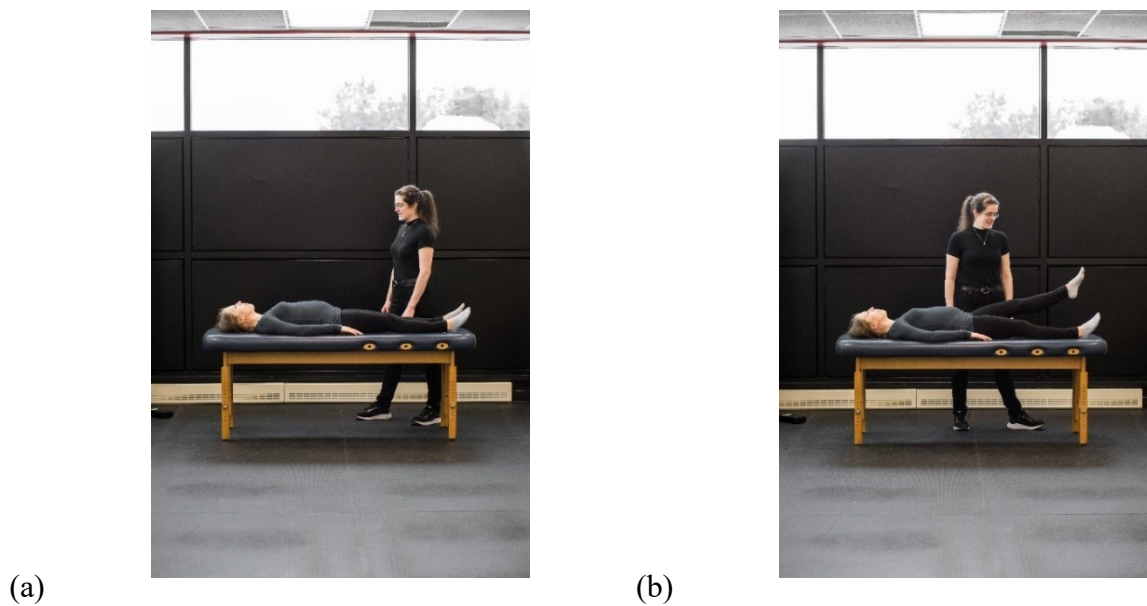


Figure 4. – Position de départ du test (a), soit l'élévation de la jambe active, et la fin du mouvement effectué (b) par la femme enceinte.

2. Le test de Faber (*Patrick's Faber test*)

Le test de Faber est réalisé en position couchée sur le dos. L'évaluateur place le talon de la jambe testée de la patiente au-dessus du genou de la jambe non testée. L'évaluateur stabilise le bassin et applique une pression sur le genou de la jambe testée en direction de la table de traitement. S'il y a présence de douleur sur le côté médial du genou et du fémur ou dans la région inguinale, le test indique que l'articulation de la hanche est affectée (Albert et al., 2000; Bagwell, Bauer, Gradoz, & Grindstaff, 2016). Le test de Faber a montré une fiabilité modérée (coefficient de Kappa de 0,54) et un taux d'accord inter-évaluateur de 88%. La fiabilité inter-évaluateur (0,67 - 0,68) et intra-évaluateur (0,76 - 0,86) allaient de bonne à excellente (Bagwell et al., 2016). Une étude prospective a été réalisée auprès de femmes enceintes avec et sans douleur pour déterminer la sensibilité et la spécificité du test. L'étude montre une sensibilité du test allant de 0,40 à 0,70 dépendamment du type de douleur (syndrome sacro-iliaque unilatéral (0,42) ou bilatéral (0,40), syndrome de la ceinture pelvienne (0,70), symphysiolyse (0,40)) et une spécificité de 0,99 (Albert et al., 2000). La position de départ du test « Faber » ainsi que la position finale du test sont illustrées à la figure 5.

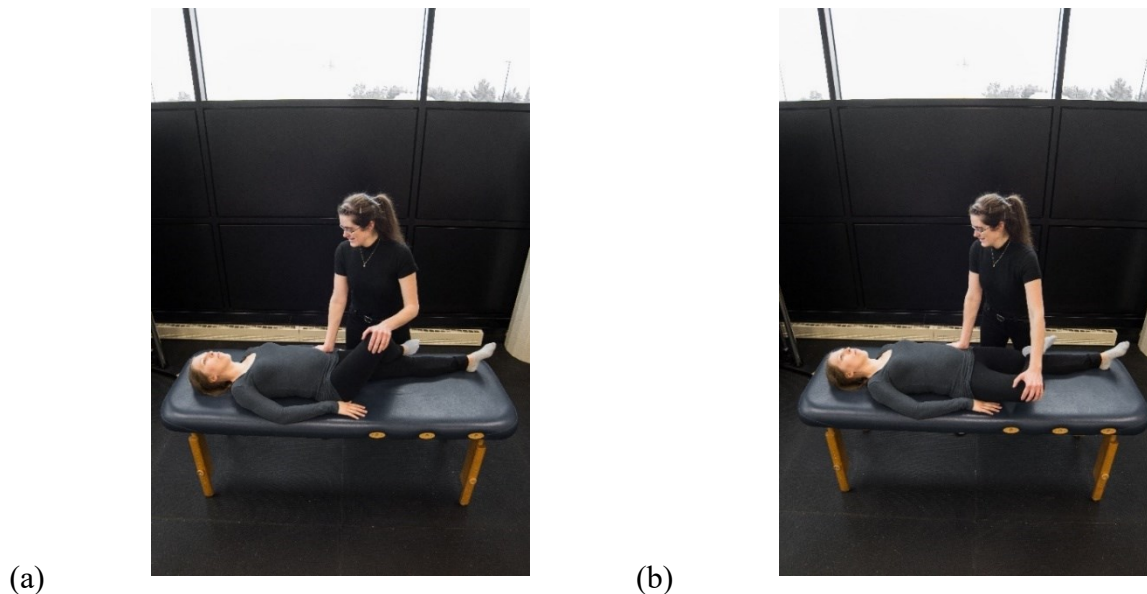


Figure 5. – Position de départ du test (a), soit le test de Faber, et la fin du mouvement effectué (b) à l'aide de l'évaluatrice.

3. Le test de Trendelenburg modifié (*Modified Trendelenburg*)

Le test de Trendelenburg modifié s'effectue debout sur une jambe. La patiente est dos à l'évaluateur et elle doit fléchir la hanche et le genou non évalués à 90 degrés. Le test est considéré positif si la hanche s'abaisse du côté fléchi. La fiabilité de ce test est considérée substantielle (coefficient de Kappa de 0,63) et le taux d'accord inter-évaluateur était de 94%. Ce test a montré une sensibilité de 0,18 à 0,62 dépendamment du type de douleur (syndrome sacro-iliaque unilatéral (0,19) ou bilatéral (0,18), syndrome de la ceinture pelvienne (0,60), symphysiolyse (0,62)); le test est le moins sensible pour évaluer le syndrome sacro-iliaque unilatéral ou bilatéral et le test présentant la sensibilité la plus forte était lors de l'évaluation du syndrome de la ceinture pelvienne et la symphysiolyse. La spécificité de ce test a été établie à 0,99 (Albert et al., 2000). La position de départ du test « Trendelenburg modifié » ainsi que la position finale du test sont illustrées à la figure 6.

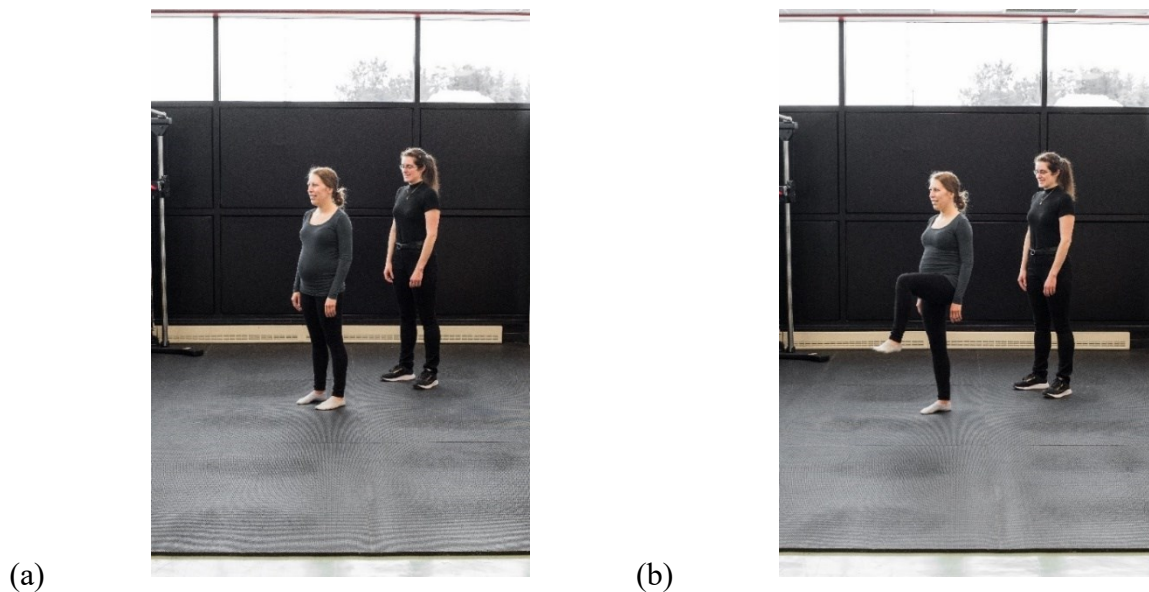


Figure 6. – Position de départ du test (a), soit le test de Trendelenburg modifié, et la fin du mouvement effectué (b) par la femme enceinte.

4. Test de Menell (*Menell's Test*)

La réalisation de ce test s'effectue en position couchée. L'évaluateur déplace la jambe testée d'environ 30 degrés en abduction et de 10 degrés en flexion, et effectue un mouvement de poussée en direction de l'articulation coxo-fémorale. Le test de Menell a montré une fiabilité presque parfaite (coefficient de Kappa de 0,87) et un taux d'accord inter-évaluateur de 88%. La sensibilité du test est variable selon différents types de douleurs (syndrome sacro-iliaque unilatéral (0,54) ou bilatéral (0,65), syndrome de la ceinture pelvienne (0,70), symphysiolyse (0,09)) et la spécificité a été établie à 1,00 (Albert et al., 2000). La position de départ du test « Mennell » ainsi que la position finale du test sont illustrées à la figure 7.

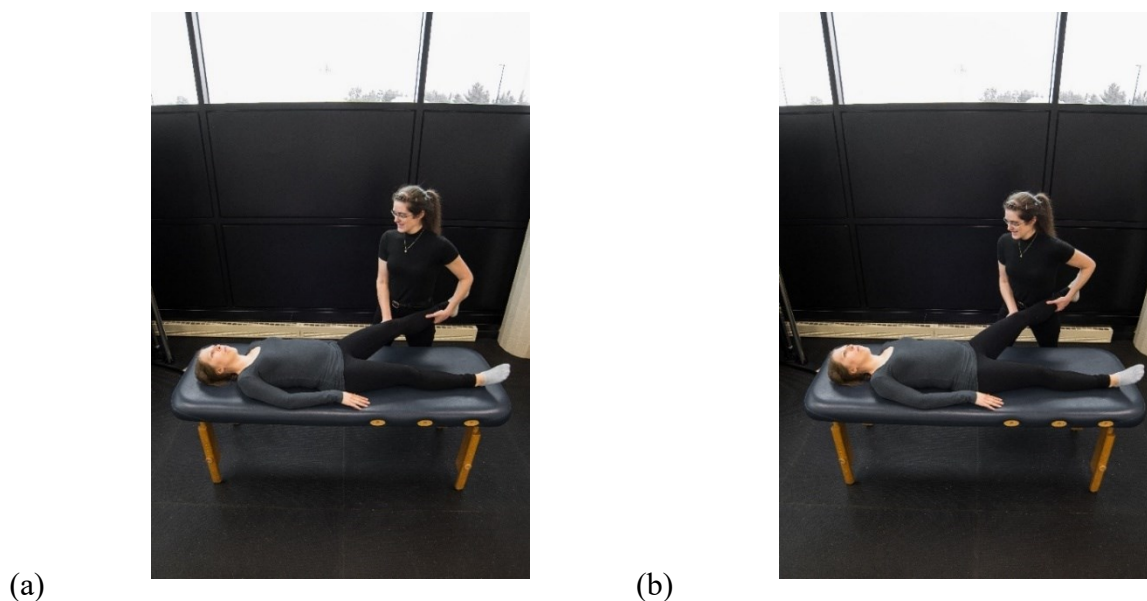


Figure 7. – Position de départ du test (a), soit le test de Menell, et la fin du mouvement effectué (b) à l'aide de l'évaluatrice.

5. Test de provocation de la douleur pelvienne (*Posterior Pelvic Pain Provocation, P4*)

Le test de provocation de la douleur pelvienne s'effectue en position couchée sur le dos. La hanche de la femme du côté évalué est fléchie à 90 degrés et l'évaluateur stabilise le bassin. Une légère pression manuelle est appliquée sur le genou fléchi de la femme le long de l'axe longitudinal du fémur. Le test s'avère être positif lorsque la femme ressent une douleur profonde familière et bien localisée dans la région glutéale du côté testé (Östgaard et al., 1994). Le test de provocation de la douleur pelvienne a montré une fiabilité substantielle (coefficient de Kappa de 0,70) et un taux d'accord inter-évaluateur de 91%. La sensibilité pour ce test variée de 0,17 à 0,93 (syndrome sacro-iliaque unilatéral (0,84) ou bilatéral (0,93), syndrome de la ceinture pelvienne (0,90), symphysiolyse (0,17)) et la spécificité est de 0,98 (Albert et al., 2000). La position de départ du test « provocation de la douleur pelvienne » ainsi que la position finale du test sont illustrées à la figure 8.

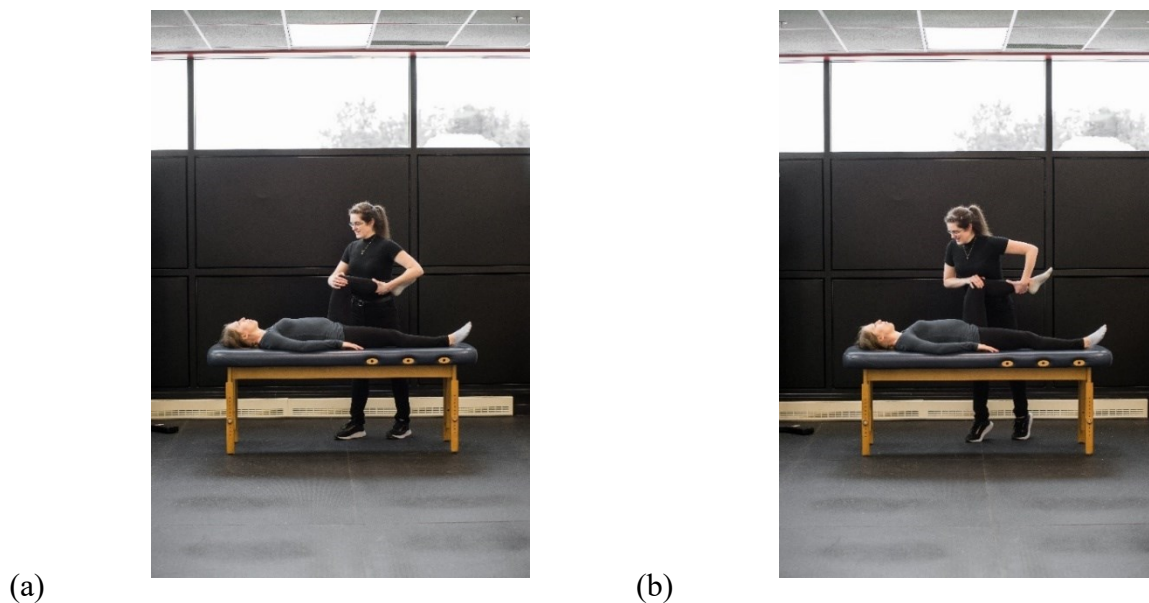


Figure 8. – Position de départ du test (a), soit le test de provocation de la douleur pelvienne, et la fin du mouvement effectué (b) à l'aide de l'évaluatrice.

Malgré l'existence de ces tests, il est encore difficile de bien identifier le type de douleur que ressent une femme pendant sa grossesse. La plupart des articles traitant de DL, DP ou DLP chez la femme enceinte utilisent des tests physiques différents. Bien que plusieurs tests physiques aient été validés afin de tester les douleurs reliées à la grossesse, Vleeming et al. rapportent cinq tests, précédemment décrits, qui devraient faire partie des tests de base pour évaluer les DP chez la femme enceinte (Vleeming et al., 2008).

1.1.3 Épidémiologie

La définition opérationnelle des DLP chez les femmes enceintes étant plutôt hétérogène à travers les études, les prévalences rapportées par différentes études varient de manière importante d'une étude à l'autre (voir Figure 9). De fait, la prévalence des DL varie entre 20% à 90% (Sabino & Grauer, 2008; Vermani, Mittal, & Weeks, 2010) tandis que la prévalence des DP varie entre 16% et 25% (Kanakaris, Roberts, & Giannoudis, 2011). Certaines études se sont intéressées à la prévalence des douleurs lombaire, pelvienne ou lombo-pelvienne, mais aussi certaines études n'ont pas de différence entre tous ces types de douleurs.

Deux études ont été menées par la même chercheuse, soit en 2008 et 2018. L'étude de cohorte de 2008 a été réalisée en Suède auprès de 308 femmes enceintes. La douleur des femmes était évaluée à l'aide de questionnaires (les niveaux d'activité de tâches ménagères et loisirs ainsi que l'EuroQol-5D) et d'examen physiques (les tests de marche, d'extension isométrique volontaire maximale de la hanche et d'endurance isométrique des fléchisseurs du dos modifié). Cette étude a montré qu'entre la 12^e et 18^e semaine de grossesse, 11% des femmes enceintes rapportaient des DL, 33% des DP et 18% des DLP (Gutke, Östgaard, & Öberg, 2008). L'étude de 2018, quant à elle, a été réalisée dans différents pays, soit les États-Unis (n = 214), le Royaume-Uni (n = 220), la Norvège (n = 220) et la Suède (n = 215) auprès de 869 femmes enceintes. Cette étude transversale, évaluant les douleurs par questionnaire auto-rapporté, a montré que la prévalence pouvait monter jusqu'à 86% au troisième trimestre (Gutke, Boissonnault, Brook, & Stuge, 2018).

Une autre étude transversale, menée auprès de 1158 femmes enceintes espagnoles, utilisait des questionnaires auto-rapportés pour évaluer les DL ou DP des femmes (par exemple : questions sur la douleur endurée dans les quatre dernières semaines, les restrictions des activités due à la douleur,

la douleur lors de précédentes grossesses ainsi qu'un questionnaire sur l'incapacité physique). Cette étude a montré qu'à la 35^e semaine de grossesse, 71,1% des femmes enceintes rapportaient des DL et 64,7% des DLP (Kovacs et al., 2012).

Plus près de nous, une étude pilote ontarienne, menée en 2018 et réalisée auprès de 287 femmes enceintes, a rapporté des prévalences similaires pour les DL (33,4%), DP (27,9%) et DLP (30,7%) (Weis et al., 2018). Elle a aussi montré que la proportion de femmes enceintes ressentant une douleur spécifique (DL, DP ou DLP) augmente au cours de chaque trimestre et atteint son maximum au cours du troisième trimestre : DL ($t_1 = 5$, $t_2 = 32$, $t_3 = 58$), DP ($t_1 = 1$, $t_2 = 25$, $t_3 = 54$) et DLP ($t_1 = 5$, $t_2 = 30$, $t_3 = 53$). L'évaluation des douleurs s'est faite à l'aide d'un questionnaire comprenant des questions concernant la région douloureuse (avant et pendant la grossesse), la qualité de vie, les traitements et les aspects psychosociaux de la douleur (Weis et al., 2018).

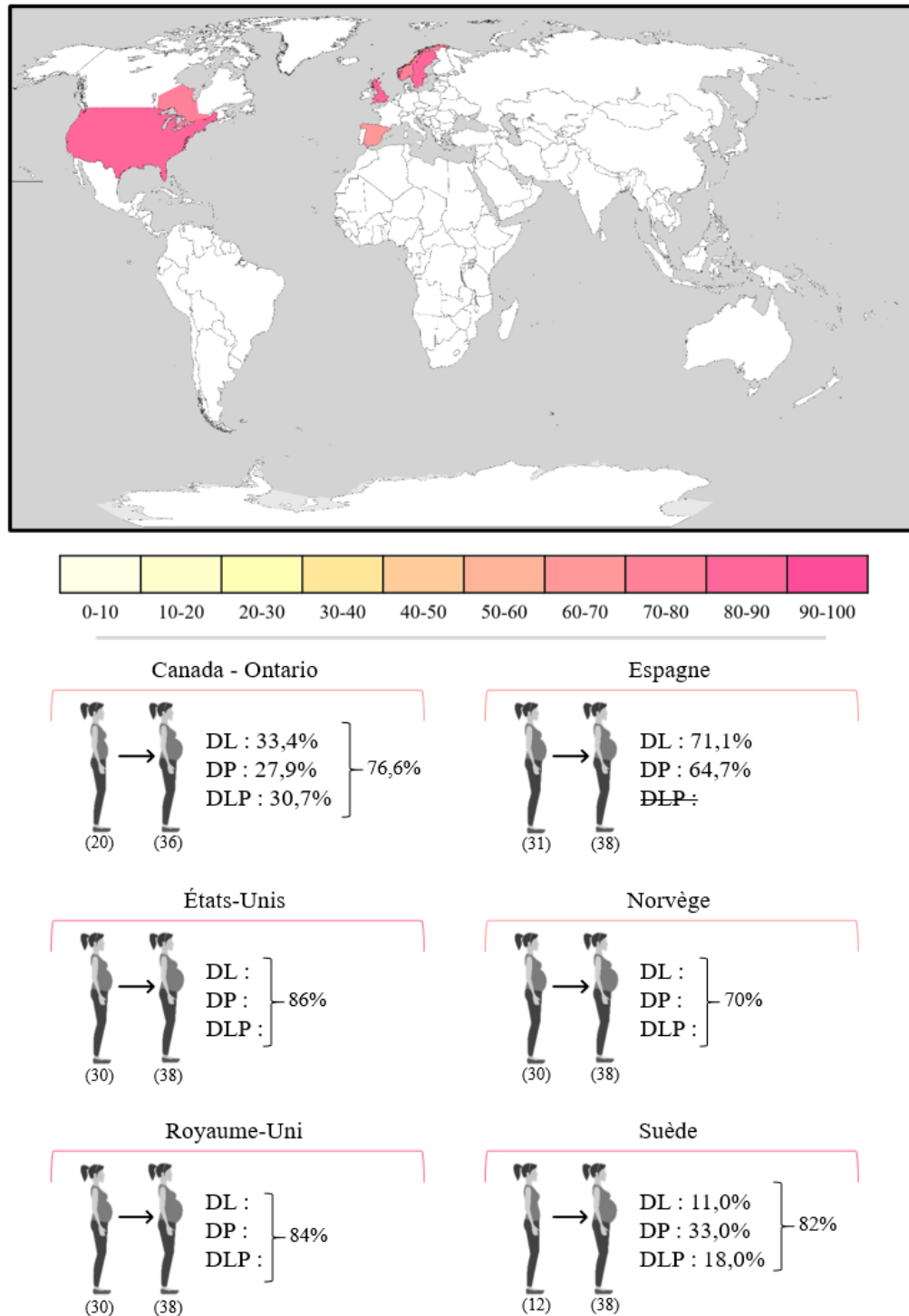


Figure 9. – Représentation de la prévalence des douleurs lombaires (DL), pelviennes (DP) et lombo-pelviennes (DLP) chez la femme enceinte dans différentes régions du monde. Les semaines de grossesse sont mentionnées entre parenthèses

(Gutke et al., 2018; Gutke et al., 2008; Kovacs et al., 2012; Weis et al., 2018).

1.1.4 Facteurs de risques

Plusieurs facteurs de risque prédisposant une femme enceinte à développer des DL, DP ou DLP ont été identifiés dans la littérature. On retrouve des facteurs de risque qui sont présents avant la grossesse (pré-grossesse) et d'autres qui sont liés à la grossesse. Les facteurs de risque pré-grossesse les plus souvent rapportés dans la littérature sont l'historique de DL, DP ou DLP et l'historique de trauma au dos et pelvis (Bastiaanssen, de Bie, Bastiaenen, Essed, & van den Brandt, 2005; Bjelland, Eberhard-Gran, Nielsen, & Eskild, 2011; Bjelland, Kristiansson, Nordeng, Vangen, & Eberhard-Gran, 2013; Dørheim, Bjorvatn, & Eberhard-Gran, 2013; Kanakaris et al., 2011; Malmqvist et al., 2012; Verstraete, Vanderstraeten, & Parewijck, 2013; Vleeming et al., 2008; Wu et al., 2004).

D'autres facteurs sont associés à une augmentation du risque de développer des DP au cours de la grossesse, soit l'asymétrie de l'articulation pelvienne (Gjestland, Bø, Owe, & Eberhard-Gran, 2013), une ménarche hâtive, un âge maternel bas, la parité, un travail physique exigeant, un faible niveau d'éducation, la grandeur de la mère, le poids du fœtus, le tabagisme ainsi que la prise de contraceptifs oraux (Bjelland et al., 2011; Bjelland et al., 2013; Chang, Jensen, Yang, Lee, & Lai, 2012). De plus, la grossesse multiple affecte la capacité de la mère à s'adapter aux exigences de la grossesse (Norwitz et al., 2005).

Concernant la prise de contraceptifs oraux, d'autres études ont montré une non-association avec le développement de douleurs pendant et après la grossesse (Bjelland et al., 2011; Bjelland et al., 2013). Les facteurs de risque psychologiques, soit la détresse émotionnelle (Bjelland et al., 2011; Bjelland et al., 2013), l'anxiété (Bjelland et al., 2011; Bjelland et al., 2013; Kovacs et al., 2012) et la dépression (Bakker, van Nimwegen-Matzinger, Ekkel-van der Voorden, Nijkamp, & Völlink, 2013) peuvent augmenter le risque de développer des DP. Plus précisément, les travaux de Bakker et al. qui avaient pour objectif d'étudier si les symptômes de DLP liée à la grossesse à 36 semaines de grossesse (la mobilité dans les activités de la vie quotidienne telles que les tâches ménagères et l'impact des DLP sur les activités de la vie quotidienne) pouvaient être prédits par des déterminants psychologiques plus tôt dans la grossesse. Les femmes incluses dans l'étude pouvaient avoir ou non un historique de DLP. Les auteurs ont rapporté que les déterminants psychologiques (le stress, le catastrophisme et les comportements d'appréhension-évitement) à 24 semaines de grossesse prédisaient les symptômes de DLP et leurs impacts sur les activités de la vie quotidienne des

femmes à 36 semaines de grossesse. Cette étude montre aussi que les meilleurs prédicteurs d'incapacité physique en fin de grossesse sont la combinaison du stress perçu et l'incapacité physique mesurés à 24 semaines de grossesse (Bakker et al., 2013). L'indice de masse corporelle (IMC) élevée pré-grossesse et pendant celle-ci augmente aussi les risques de développer des douleurs (Bjelland et al., 2011; Bjelland et al., 2013; Malmqvist et al., 2012; Mogren & Pohjanen, 2005). Mogren et al. ont réalisé une étude transversale auprès de plus de 800 femmes enceintes et ont rapporté que les femmes enceintes qui développent des DLP prennent significativement plus de poids et avaient un IMC significativement plus élevé. De fait, les femmes ayant un IMC pré-grossesse de 30 kg/m^2 et plus avaient un risque élevé (OR, 1.96; 95% CI, 1.22-3.16) de développer des DLP en comparaison à des femmes ayant un IMC de 25 kg/m^2 et moins. De plus, les femmes enceintes présentant des DLP avaient un IMC plus élevé à l'accouchement (Mogren & Pohjanen, 2005). Une étude plus récente de Malmqvist et al. appuie aussi les résultats de Mogren et al. et rapporte que les femmes enceintes ressentant des DL, DP ou DLP avaient un IMC pré-grossesse supérieur aux femmes enceintes asymptomatiques (DP : $24,5 \text{ kg/m}^2$; DLP : $24,9 \text{ kg/m}^2$; $22,8 \text{ kg/m}^2$, $p < 0,05$) (Malmqvist et al., 2012).

1.1.5 Impact psycho-socio-économique

Les DL, DP et DLP peuvent avoir un impact majeur sur la vie des femmes, tant sur les plans social, personnel que professionnel. Sur le plan personnel, les femmes enceintes vivant avec des DP ont de la difficulté à effectuer les tâches de la vie quotidienne. La revue systématique de Mackenzie et al. (2018) rapporte justement que les femmes enceintes ayant des douleurs seront plus dépendantes de leur entourage; conjoints, membres de leur famille et amis (Mackenzie, Murray, & Lusher, 2018). Les femmes peuvent ressentir de la frustration et de l'embarras face à cette dépendance (Elden, Lundgren, & Robertson, 2013; Mackenzie et al., 2018). Cela se reflète aussi dans leur carrière. Sur le plan professionnel, certaines femmes trouveront difficile, voire épuisant, de maintenir le même rythme de travail en raison des douleurs (Mackenzie et al., 2018). Elles devront alors penser à réduire leurs heures de travail ou à déléguer certaines tâches étant plus difficiles à réaliser pendant leur grossesse (Mackenzie et al., 2018). Évidemment, le regard des autres employés sur cette modification de travail peut avoir un impact sur la santé psychologique des femmes (Elden et al., 2013; Elden, Lundgren, & Robertson, 2014). À un niveau de douleur plus

élevé, certaines femmes n'auront pas d'autre choix que de quitter leur emploi (Mackenzie et al., 2018).

Une étude de 2015 avait pour objectif d'explorer, entre autres, la fréquence des congés de maladie pendant la grossesse en raison de DP et les facteurs qui rendent les femmes moins susceptibles de prendre un congé de maladie pour DP. Les auteurs de l'étude réalisée auprès de 440 femmes enceintes ayant des DLP rapportent que la raison principale des congés de maladie pendant la grossesse est liée au DP (N = 190) (Malmqvist et al., 2015). De plus, une étude de Dørheim et al., réalisée auprès de 2918 femmes enceintes norvégiennes, avait pour objectif de décrire la prévalence, les raisons et les facteurs associés aux congés de maladie pendant la grossesse. Celle-ci rapporte que 75,3% des femmes enceintes ont été en congé de maladie durant leur grossesse. Les raisons principales du congé de maladie étaient la fatigue et les problèmes de sommeil (34,7%), les DP (31,8%), les nausées (23,1%), autres (23,1%) et les DL (17,7%). Les durées de congé de maladie les plus longues étaient en raison de l'anxiété et de la dépression (20 semaines), les nausées (16 semaines), les DP (12 semaines), les DL et les complications liées à la grossesse (10 semaines) (Dørheim et al., 2013). Il est bien documenté que la grossesse a un impact négatif sur le sommeil des femmes (Persson, Winkvist, Dahlgren, & Mogren, 2013). Une étude prospective observationnelle montre que le pourcentage de femmes enceintes qui rapportent un temps de sommeil court (moins de 7 heures par nuit) augmente du premier (26,2%) au troisième (39,9%) trimestre ($p = 0,001$). Ceci pourrait être expliqué par l'augmentation des symptômes d'insomnie (1^{er} trimestre : 37,6%, 3^e trimestre : 54,3%; $p < 0,001$) et la faible qualité de sommeil (1^{er} trimestre : 39,0%, 3^e trimestre : 53,5%; $p = 0,001$) (Facco, Kramer, Ho, Zee, & Grobman, 2010). Les femmes enceintes ayant des DLP rapportent également avoir un sommeil perturbé. L'étude de Palsson et al. (2015) a montré que la qualité du sommeil évaluée par le *Pittsburgh Sleep Quality Index* (score allant de 0 à 21; un score plus élevé indique une mauvaise qualité générale du sommeil) se dégrade avec l'augmentation de la sévérité des douleurs (femmes sans douleur : 3,9; femmes avec douleurs d'intensité faible (4/10 ou moins sur une échelle numérique analogue) : 6,2; femmes avec douleurs d'intensité sévère (5/10 au plus sur une échelle numérique analogue) : 8,4, $p < 0,05$ pour la différence entre les groupes « sans douleur » et « douleurs d'intensité sévère ») (Palsson, Beales, Slater, O'Sullivan, & Graven-Nielsen, 2015). En conclusion, la littérature montre que les DL, DP ou DLP ont un impact significatif sur l'état psychologique des femmes enceintes ainsi que sur le volet social et économique de leur vie.

Sachant qu'une grande majorité des femmes enceintes souffrent de douleurs (DL, DP ou DLP) à un moment ou un autre de leur grossesse, et que cela peut affecter grandement différentes sphères de leur vie, il est important de comprendre les mécanismes impliqués dans le développement de ces douleurs afin d'être en mesure d'identifier les stratégies les plus efficaces pour les prévenir ou les traiter. Tel que mentionné dans la mise en contexte, la grossesse est caractérisée par de nombreux et rapides changements et adaptations, dont certains pourraient contribuer au développement des douleurs. Les prochains sous-chapitres présentent les différents changements ou adaptations survenant chez les femmes pendant leur grossesse. Ceux-ci ont été abordés lors de la réalisation de l'article « *Mechanisms underlying lumbopelvic pain during pregnancy: a proposed model* » qui se trouve au chapitre trois de cette thèse.

1.2 Mécanismes impliqués dans le développement des douleurs lombo-pelviennes

1.2.1 Changements hormonaux

La plupart des tissus et organes chez la femme enceinte se modifient au cours de la grossesse. Ces changements comprennent une altération de la taille, de la morphologie, des fonctions et de la réactivité des tissus et organes aux signaux hormonaux (Napso et al., 2018). Les adaptations maternelles pendant la grossesse sont largement contrôlées par le placenta. Différentes hormones placentaires clés jouent un rôle important dans les adaptations physiologiques de la mère pendant la grossesse. La nature spécifique de ces changements dépend de l'avancement de la grossesse et semble suivre les besoins métaboliques maternels (par exemple, les systèmes hématologiques, cardiovasculaires, respiratoires et musculaires) qui sont variables selon le développement du fœtus (Napso et al., 2018).

Les fonctions endocrines du placenta sont importantes pour le maintien de la grossesse et pour induire des adaptations métaboliques chez la mère et le fœtus. Le placenta sécrète plus de 100 peptides et stéroïdes qui influencent les adaptations maternelles à la grossesse et le développement fœtal. Le placenta synthétise, entre autres, des hormones polypeptidiques (hormone chorionique gonadotrope humaine et somatomammotrophine chorionique humaine, aussi appelé lactogène

placentaire humain) ainsi que des hormones stéroïdiennes (œstrogène et progestérone). Le placenta synthétise aussi d'autres hormones telles que l'hormone de croissance placentaire humaine et la relaxine. Dans le cadre de cette thèse, la relaxine (hormone peptidique) ainsi que l'œstrogène et la progestérone (hormones stéroïdiennes) sont les hormones étudiées afin de mieux comprendre le lien qui unit ces hormones de grossesse et le développement des DL, DP et DLP (voir figure 10).

Relaxine

La relaxine, une hormone peptidique, est produite par le corps jaune en début et fin de grossesse (Rankin, 2017). Les niveaux de relaxine atteignent leur maximum aux alentours de la 12^e semaine puis redescendent de 20 à 50% à la 17^e semaine de grossesse pour demeurer stable jusqu'à la fin de la grossesse (Blackburn, 2018). La relaxine agit sur le collagène, et par le fait même, sur les ligaments du corps de la femme enceinte puisqu'ils sont principalement composés de collagène (Flanagan, 2014). Le rôle de cette hormone consiste à détendre les ligaments de la ceinture pelvienne de même que les ligaments de l'ensemble du corps de la femme enceinte (Vleeming et al., 2008). Elle aide aussi à détendre les tissus mous articulaires de la colonne vertébrale et du bassin afin de faciliter l'accouchement (Reese & Casey, 2015). De fait, plusieurs auteurs suggèrent que la relaxine peut entraîner une instabilité des régions lombaire et pelvienne, induisant potentiellement des douleurs (Dehghan et al., 2014; MacLennan, Nicolson, Green, & Bath, 1986).

Œstrogène et progestérone

En début de grossesse, le corps jaune est responsable de la synthèse de ces hormones, puis après six à dix semaines de grossesse, le syncytiotrophoblaste (cellules externes des villosités chorioniques) devient le producteur majeur. La production de ces deux hormones est un effort coopératif entre la mère, le placenta et le fœtus. De fait, la source majeure des précurseurs spécifiques de la progestérone provient de la mère (placenta) tandis que la source majeure de précurseurs spécifiques de l'œstrogène dépend de l'interaction entre la mère, le fœtus et le placenta (Blackburn, 2018). L'augmentation des niveaux d'œstrogène et de progestérone contribue aussi à la laxité ligamentaire de la ceinture pelvienne et pourrait entraîner une instabilité articulaire et prédisposer les femmes enceintes aux DLP (Rankin, 2017; Vleeming et al., 2008).

Trois types d'œstrogène existent, soit l'estrone, l'œstradiol et l'œstriol. L'œstrogène le plus puissant produit par le corps humain est l'œstradiol (Reese & Casey, 2015). Pendant la grossesse, la production d'œstrogène, en particulier l'œstriol, augmente de façon importante. Cette forme d'œstrogène est sécrétée par le placenta dans la circulation maternelle et éventuellement excrétée dans l'urine maternelle (Blackburn, 2018). Les niveaux d'œstrogène augmentent fortement entre la 34^e et la 36^e semaine de grossesse (Rankin, 2017). Cette hormone a pour fonction l'amélioration de l'activité du myomètre, la promotion de la vasodilatation du myomètre, le ramollissement des fibres du collagène cervical et vers la fin de la grossesse, l'augmentation de la sensibilité de l'utérus à la progestérone (Blackburn, 2018). De plus, elle favorise la croissance et le bien-être du fœtus (Draca, 2006; Fitzgerald & Segal, 2015; Peck et al., 2003). L'œstrogène joue un rôle de stimulateur en améliorant l'excitabilité de la membrane nerveuse et la transmission synaptique (Finocchi & Ferrari, 2011). Cette hormone module aussi plusieurs propriétés des tissus musculosquelettiques tels que les ligaments, ce qui contribuerait à la présence et à la gravité des DLP (Reese & Casey, 2015).

La progestérone est produite sous l'influence de l'hormone chorionique gonadotrope humaine par le corps jaune ovarien pendant les six à dix premières semaines suivant la fertilisation (Blackburn, 2018; Liu, 2019). Au-delà de cette période, la progestérone est synthétisée principalement par le placenta en utilisant le cholestérol maternel et des lipoprotéines. Les niveaux de progestérone augmentent de façon significative tout au long de la grossesse, pour atteindre leur plus haut niveau autour de la 15^e semaine de grossesse (Blackburn, 2018). Pendant la grossesse, la progestérone joue plusieurs rôles en étant impliquée dans la diminution de l'activité et l'irritabilité du myomètre, le rétrécissement des vaisseaux myométriaux, l'augmentation de la sensibilité du système respiratoire de la mère au dioxyde de carbone, la suppression des réponses immunologiques maternelles aux antigènes fœtaux (prévient le rejet du fœtus), la relaxation des muscles lisses dans le système gastro-intestinal et urinaire, ainsi que l'augmentation de la température corporelle de base (Blackburn, 2018). Cette hormone contribue aussi à la relaxation de tous les muscles lisses pendant la grossesse (Rankin, 2017) et on suggère une association possible avec la présence et la sévérité des DLP (Reese & Casey, 2015).

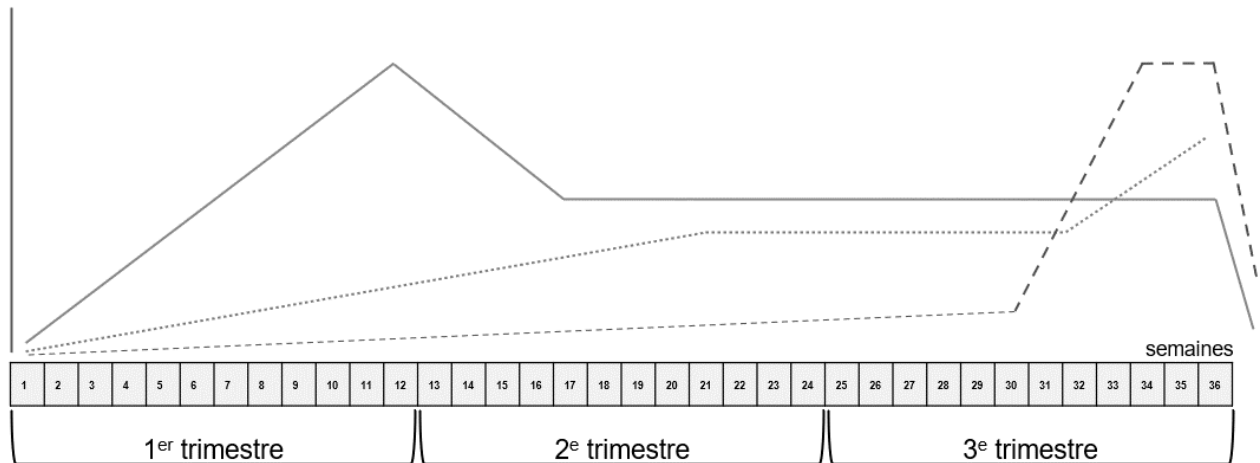


Figure 10. – Représentation graphique des trois hormones de grossesse étudiées dans cette thèse. La ligne pleine représente la relaxine, la ligne composée de tirets représente l'œstrogène et la ligne pointillée représente la progestérone.

(Blackburn, 2018; Rankin, 2017).

1.2.2 Changements biomécaniques

La grossesse est marquée par des changements anatomiques et biomécaniques à chacun des trimestres, et ce, sur une courte période de neuf mois. Ces changements peuvent amener des compensations posturales qui, selon certains auteurs, pourraient causer des DL, DP ou DLP (Casagrande et al., 2015). Ces changements affectent l'ensemble du corps de la femme, de la tête aux pieds, tels qu'illustrés sur la figure 11. Les changements généraux observables chez la femme enceinte incluent l'inclinaison postérieure de la tête et de la partie supérieure du tronc, l'inclinaison antérieure du pelvis, l'augmentation de la lordose, l'hyperextension des genoux et la réduction de l'arche plantaire (Casagrande et al., 2015).

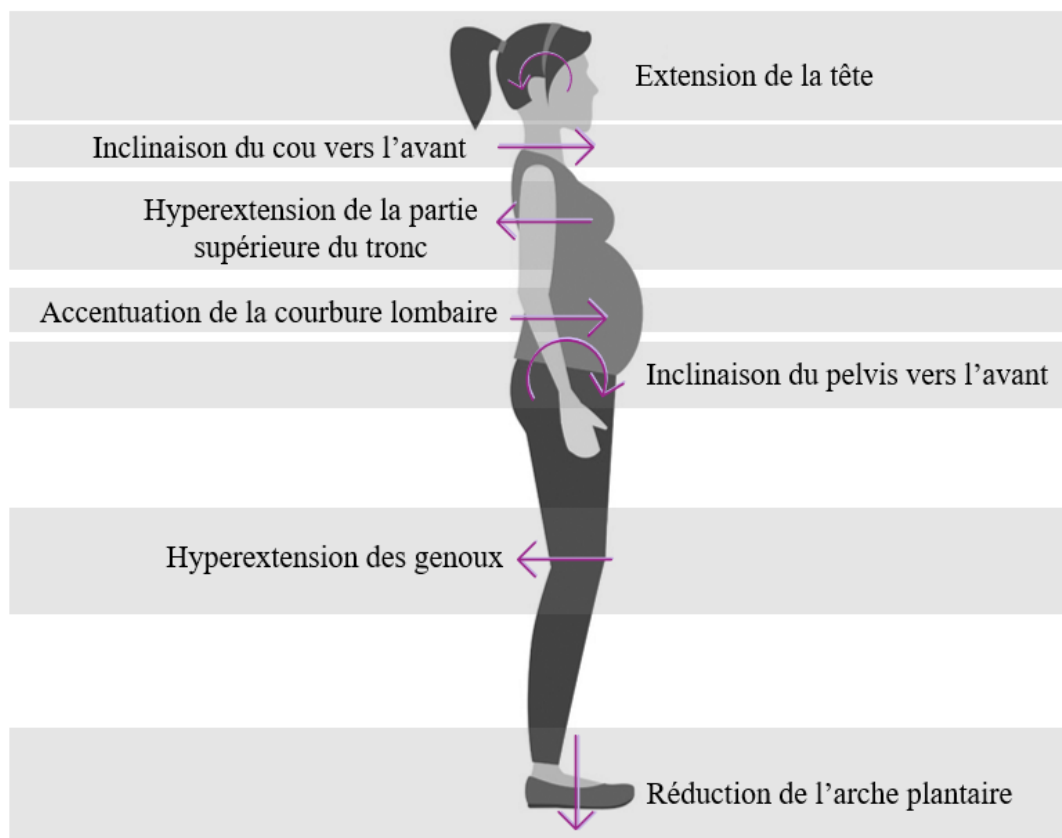


Figure 11. – Représentation des changements anatomiques et biomécaniques.

Les données scientifiques actuelles ne sont pas claires quant au lien qui existerait entre ces changements observés au cours de la grossesse et les DL, DP ou DLP. Une étude, majoritairement composée de femmes enceintes ayant des douleurs au dos, n'a montré aucun lien significatif entre les changements de posture et l'intensité des douleurs ressenties par les femmes. Cette étude montre cependant que les femmes incluses dans l'étude présentaient une augmentation de la lordose et de l'inclinaison antérieure du pelvis ainsi qu'une extension de la tête avec l'avancement de leur grossesse (Franklin & Conner-Kerr, 1998) sans toutefois que ces changements ne soient systématiquement liés à la présence de DL, DP ou DLP.

La grossesse provoque des changements importants au niveau de la colonne vertébrale. Celle-ci doit pouvoir maintenir la charge supplémentaire antérieure (environ 10-15 kilogrammes)

provoquée par l'agrandissement de l'utérus et l'augmentation du poids de la poitrine. La région lombaire, plus spécifiquement, doit s'adapter au poids grandissant du placenta et du fœtus. Lié à la colonne vertébrale, le pelvis subit lui aussi des changements importants en s'inclinant antérieurement. Ce changement est davantage observé lors du troisième trimestre (Conder, Zamani, & Akrami, 2019). En effet, l'étude de Morino, dont l'objectif était d'évaluer les changements dans l'alignement du pelvis pendant et après la grossesse, montre une différence significative dans l'inclinaison antérieure du pelvis entre la 12^e et 36^e semaine de grossesse (respectivement 3,99° et 5,29°) (Morino et al., 2019). Les données scientifiques actuelles suggèrent qu'une faiblesse des muscles abdominaux due aux hormones de grossesse ou à un étirement trop prononcé de ces muscles peut être responsable de l'augmentation de la courbure lombaire. Étant grandement étirés, ceux-ci ne peuvent assurer un maintien optimal (Conder et al., 2019; W. L. Gilleard & Brown, 1996). De plus, des fléchisseurs de la hanche plus courts, causés par l'inclinaison antérieure du pelvis, pourraient aussi contribuer à cette augmentation de la courbe lombaire (Conder et al., 2019) ainsi qu'au développement de douleurs (Casagrande et al., 2015). Pour contrer l'augmentation du poids antérieur, une étude a montré que les femmes enceintes en position debout tendaient à incliner le tronc (région lombaire) davantage vers l'arrière (Conder et al., 2019; Whitcome, Shapiro, & Lieberman, 2007).

Cette stabilité des régions lombaire et pelvienne chez la femme enceinte est d'ailleurs assurée par trois composantes distinctes, soit les composantes passives (os, ligaments, tendons, cartilages), la structure active (muscles) et le système nerveux (Panjabi, 1992). Cependant, au cours de la grossesse, la stabilité des régions lombaire et pelvienne est altérée par différents changements tels que le déplacement du centre de masse qui peut entraîner une augmentation des contraintes articulaires exercées sur les structures anatomiques (vertèbres et os pelviens) (Dumas, Reid, Wolfe, Griffin, & McGrath, 1995). En position neutre, la stabilité de la ceinture lombo-pelvienne est principalement assurée par les muscles du tronc, tandis que lors de mouvements de flexion, extension, rotation et torsion du tronc, les composantes actives (muscles) ainsi que les structures passives doivent assurer la stabilité des régions lombaire et pelvienne. Les structures passives, c'est-à-dire les ligaments, sont les principales structures offrant de la stabilité à l'articulation lombo-pelvienne à l'approche d'une amplitude de mouvement complète (Panjabi, 1992). Ainsi, l'organisation structurelle du corps de la femme change au cours des trimestres de grossesse afin de permettre le maintien du fonctionnement de la femme dans sa vie quotidienne suite aux

différentes modifications anatomiques. Ce soutien ligamentaire permet à la femme enceinte de potentiellement atténuer les changements biomécaniques qui surviennent au cours des trimestres afin de maintenir ses activités dans son quotidien.

1.2.3 Adaptations neuromécaniques

Le rôle des muscles change inévitablement face aux adaptations que subit le corps de la femme durant la grossesse. En position statique debout chez les femmes qui ne sont pas enceintes, les muscles érecteurs du rachis n'ont pas besoin d'être activés grandement puisque normalement, le corps trouve un équilibre grâce aux différentes courbures de la colonne vertébrale. Cependant, la position debout n'est pas fixe ni rigide et il est normal d'observer des mouvements d'oscillation. Certains facteurs peuvent modifier la capacité des muscles à jouer ce rôle de contrôle de la stabilité vertébrale (et posturale) (Floyd & Silver, 1955).

D'une part, le polygone de sustentation (la zone d'appui ou de contact au sol d'une personne) permet de réduire les oscillations si, par exemple, les pieds de l'individu sont plus larges que la largeur du bassin. Une étude réalisée auprès de 56 hommes et femmes a montré qu'en position statique debout, la largeur des pieds avait une influence sur la variabilité des mouvements du corps. Les participants avaient plus de variations de mouvements lorsque leurs pieds étaient séparés de cinq centimètres comparativement à 30 centimètres (Stoffregen, Yoshida, Villard, Scibora, & Bardy, 2010). Dans la population à l'étude, les femmes enceintes présentent un polygone de sustentation plus large (W. Gilleard, Crosbie, & Smith, 2002) ce qui leur permet d'améliorer leur équilibre (Kirby, Price, & MacLeod, 1987). Cette augmentation de support leur permet aussi de réduire le balancement postural dans le plan médio-latéral souvent remarqué chez les femmes enceintes en comparaison à la population générale (Butler, Colón, Druzin, & Rose, 2006; Kirby et al., 1987).

D'autre part, le fait de demander à l'individu de fermer les yeux peut entraîner une augmentation des oscillations posturales (Hansson, Beckman, & Håkansson, 2010). Ceci vient à l'encontre de la stratégie davantage privilégiée par la femme enceinte, soit les repères visuels, afin de diminuer le balancement postural (Butler et al., 2006). C'est pourquoi, en position debout sans repère visuel, il est normal d'observer par électromyographie de surface des variations dans l'activité musculaire.

Il est aussi normal de voir des asymétries dans l'activation musculaire (érecteur du rachis gauche et droit). Lors de l'extension du tronc à partir d'une position debout, les muscles érecteurs du rachis sont sollicités pour initier le mouvement, mais demeureront pratiquement non actifs pendant le mouvement, tandis que lors d'une flexion du tronc, les muscles érecteurs du rachis vont s'activer pendant la totalité du mouvement afin de permettre la stabilité de la colonne vertébrale (Floyd & Silver, 1955). Lors d'un mouvement de flexion latérale du tronc, les érecteurs du rachis controlatéral au mouvement effectué seront activés; c'est-à-dire, une flexion du tronc à droite entraînera une activation des muscles érecteurs du rachis à gauche (Floyd & Silver, 1955).

Plusieurs études ont montré que le phénomène de flexion relaxation (PFR) constitue une réponse neuromécanique stéréotypée et reproductible tant pour une population générale saine que pour les femmes enceintes sans douleur (Biviá-Roig, Lisón, & Sánchez-Zuriaga, 2019; Sihvonen, Huttunen, Makkonen, & Airaksinen, 1998). Le PFR est défini par un « silence » dans l'activité électrique des muscles érecteurs du rachis lors de la flexion complète du tronc (Figure 12) (Colloca & Hinrichs, 2005). Cette réponse neuromécanique serait déclenchée par une augmentation des forces de tensions dans les tissus passifs (les ligaments, capsules, tendons et disques) de la colonne vertébrale lombaire (Holm, Indahl, & Solomonow, 2002) lors de la flexion du tronc. Ces forces de tension seraient suffisantes pour stabiliser le rachis lombo-pelvien et limiteraient la contribution des muscles à la stabilisation lombaire. L'amplitude des réponses électromyographiques et la cinématique caractérisant la PRF peuvent être influencées par plusieurs facteurs tels que la charge du tronc (Gupta, 2001), le positionnement des régions lombaire et pelvienne (Callaghan & Dunk, 2002; Gupta, 2001), la vitesse angulaire du tronc (Sarti, Lison, Monfort, & Fuster, 2001), la répétition de la tâche (Olson, Li, & Solomonow, 2004) et la fatigue musculaire (Descarreaux, Lafond, & Cantin, 2010; Descarreaux, Lafond, Jeffrey-Gauthier, Centomo, & Cantin, 2008). L'activation persistante des muscles érecteurs du rachis dans la région lombaire pendant la flexion complète du tronc est typiquement observée chez les individus souffrant de lombalgie, une réponse « protectrice » pour augmenter la stabilisation lombaire en réponse à la douleur (Lund, Donga, Widmer, & Stohler, 1991; Sihvonen, 1997). Ce phénomène a aussi été observé chez une population de femmes enceintes ayant des DL. L'étude la plus récente sur le PFR et les femmes enceintes remonte à 1998. L'étude de Sihvonen avait pour objectif d'évaluer l'intensité des DL et l'incapacité physique (de façon subjective) au deuxième et troisième trimestre de grossesse chez des femmes enceintes ayant eu des DL ou non avant leur grossesse. Cette étude rapporte une corrélation

significative entre l'intensité des douleurs actuelles et le niveau d'activité musculaire des érecteurs du rachis pendant la flexion du tronc. Ainsi, le PRF est un modèle expérimental intéressant pour évaluer les différents processus qui sous-tendent l'adaptation des muscles du tronc pendant la grossesse.

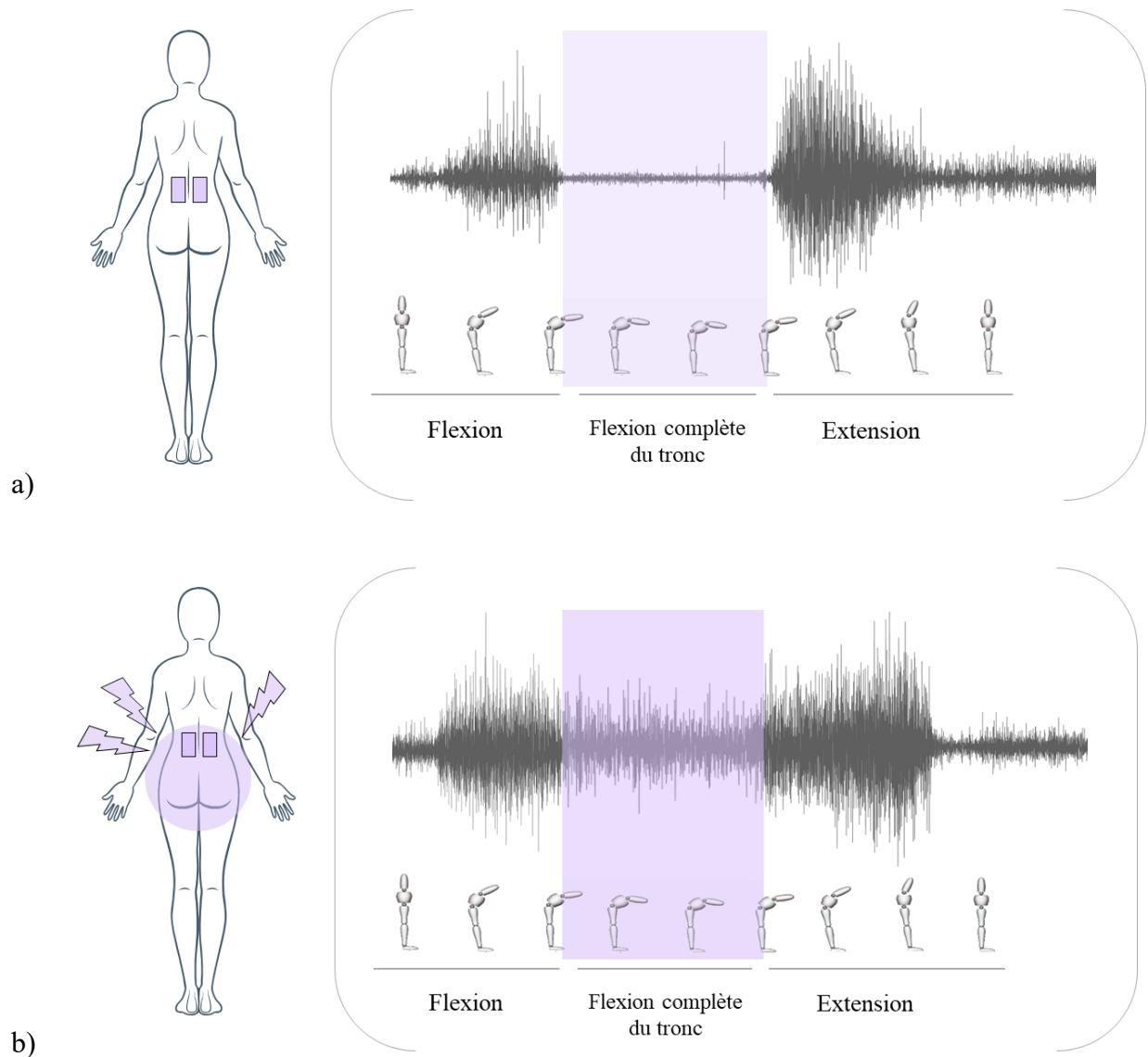


Figure 12. – Représentation graphique de l'activation des muscles érecteurs du rachis lors de la tâche de flexion-relaxation du tronc chez une population (a) sans douleur et (b) avec douleur. La tâche consiste en trois mouvements : 1) position initiale debout, 2) flexion du tronc jusqu'à la flexion maximale de l'individu et 3) extension du tronc jusqu'à la position initiale.

1.3 Activité physique et douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, l'activité physique se définit comme tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques et qui nécessite une dépense énergétique. Quant à lui, le terme « exercice », une sous-catégorie de l'activité physique, est défini comme une activité planifiée, structurée et répétitive, et qui répond à un but précis, soit l'amélioration ou le maintien de l'une ou plusieurs des composantes de la forme physique (Organisation Mondiale de la Santé, 2021). La sédentarité, ou l'inactivité physique, désigne un mode de vie où les individus passent la majeure partie de leur temps en position assise ou allongée, avec peu ou pas d'exercice physique régulier (ACSM, 2018). En revanche, le comportement sédentaire implique des activités à faible intensité (moins de 1,5 METs) (ACSM, 2014), tandis que l'inactivité physique consiste à ne pas atteindre régulièrement le niveau minimum d'activité physique recommandé par l'OMS pour maintenir une bonne santé (ACSM, 2018).

Les récentes lignes directrices canadiennes sur l'activité physique durant la grossesse montrent que toutes les femmes qui ne présentent pas de contre-indications devraient être actives. Ces femmes devraient atteindre 150 minutes d'activités physiques d'intensité modérées de type varié (par exemple : activités aérobie et musculaires) par semaine pour bénéficier des avantages de l'activité physique. L'ajout du yoga et des étirements aux 150 minutes d'activités physiques est bénéfique. Les recommandations présentes valent aussi bien pour les femmes qui étaient en surpoids ou obèses, ou inactives, avant leur grossesse, ou encore celles qui ont développé un diabète de grossesse (Mottola et al., 2018). Cependant, selon une étude québécoise, seulement 25,7% des femmes enceintes sans contre-indications atteignent les recommandations en termes de minutes d'activité physique par semaine (Srugo et al., 2023).

Plusieurs revues systématiques se sont intéressées à une intervention sur la diminution des douleurs dans les dernières années (Davenport et al., 2019; Gutke, Betten, Degerskär, Pousette, & Fagevik Olsén, 2015; Maia et al., 2021; Onyekere, Emmanuel, Ozumba, & Igwesi-Chidobe, 2022; Vesentini et al., 2020; Weis, Pohlman, Draper, Stuber, & Hawk, 2020). Parmi celles-ci, certaines revues systématiques ont porté une attention particulière à l'entraînement physique comme moyen pour soulager les douleurs (Davenport et al., 2019; Maia et al., 2021; Onyekere et al., 2022; Vesentini et al., 2020).

La première revue de la littérature, incluant une méta-analyse, avait pour objectif d'examiner l'effet de l'exercice prénatal (en termes de fréquence, d'intensité et de volume) sur les DL, DP et DLP pendant la grossesse et la période post-partum (Davenport et al., 2019). Treize études contrôlées et randomisées (évidence de qualité modérée à très faible) ont montré que les exercices prénataux n'étaient pas associés à un risque plus faible de souffrir de DL, DP ou DLP pendant la grossesse (OR : 0,78, IC 95% = 0,6; 1,02) et la période post-partum (OR = 0,89, IC 95% : 0,51; 1,56). Quinze études contrôlées et randomisées (évidence de qualité modérée à très faible) ont identifié une réduction de l'intensité des douleurs pour des femmes ayant effectué des exercices en comparaison à celles qui n'en ont pas faits pendant la grossesse (-1,03 (IC 95% : -1,58; -0,48) et au tout début de la période post-partum (résultat narratif seulement) (Davenport et al., 2019).

La deuxième revue systématique avait pour objectif d'établir l'efficacité de l'entraînement des muscles du plancher pelvien à réduire la douleur et l'incapacité physique associées aux DLP chez la femme enceinte (n = 2) et les non enceintes (n = 6) (Vesentini et al., 2020). Sur les huit études incluses, seulement deux concernaient les femmes enceintes : Kluge et al. 2011 (bonne qualité) et Kordi et al. 2013 (qualité acceptable). L'objectif de l'étude de Kluge et al. (2011) était de comparer l'effet de l'exercice non supervisé à la maison (exercices de renforcement des abdominaux transverses et du plancher pelvien), du port d'une ceinture lombo-pelvienne et de l'éducation chez les femmes ayant des DP. Les résultats de l'étude ont montré qu'à la suite de l'exercice non supervisé, l'intensité des DP s'est significativement améliorée. De plus, des différences significatives ont été observées entre les groupes à la fin de l'étude en ce qui concerne l'intensité des DP (p < 0,01) et les scores d'incapacité fonctionnelle (p = 0,03) (Kluge, Hall, Louw, Theron, & Grové, 2011). L'objectif de l'étude réalisée par Kordi et al. (2013) était de déterminer l'effet d'un programme d'exercices non supervisé (incluant des exercices de stabilisation), d'une ceinture lombaire et de l'information pour améliorer les DL et DP chez les femmes enceintes. Il a été démontré que l'intensité de la douleur diminuait significativement dans le groupe de femmes enceintes ayant porté la ceinture par rapport aux deux autres groupes à la 3^e et 6^e semaine de l'étude (moyenne_{données de base} = 64,4; moyenne_{après 3 semaines} = 18,8; moyenne_{après 6 semaines} = 11,0). De plus, il a été constaté que l'intensité de la douleur dans le groupe d'exercice diminuait significativement plus que dans le groupe ayant reçu de l'information après six semaines d'intervention (moyenne_{baseline-après 3 semaines} = -4.39; moyenne_{baseline-après 6 semaines} = 17.49).

La troisième revue systématique de la littérature avait pour but d'étudier l'efficacité de thérapies conservatrices sur la douleur, l'incapacité physique et la qualité de vie chez des femmes enceintes ayant des DL (Maia et al., 2021). Les thérapies conservatrices étaient : exercice, exercice et éducation, éducation, huile topique, ostéothérapie, bandage thérapeutique et auriculothérapie. Sept études se sont intéressées à l'activité physique à court (1 à 12 semaines de grossesse) ou long terme (16 à 20 semaines de grossesse). Les auteurs mentionnent que les preuves sont incertaines quant à l'effet de certaines thérapies sur la diminution des douleurs. Les résultats montrent que ces thérapies n'engendreraient pas ou peu d'effet bénéfique sur la diminution des DL, dont l'exercice (court terme : différence moyenne = 2,2 points (-1,8; 6,2); long terme : différence moyenne = 0,6 (-0,3; 1,5)) (Maia et al., 2021).

La quatrième revue systématique s'est intéressée aux interventions ayant un minimum de contact (courtes consultations avec un thérapeute, des manuels complets d'auto-assistance, des brochures écrites, des messages enregistrés/téléphoniques, des vidéos, des e-mails) auprès des femmes enceintes aux prises avec des troubles musculosquelettiques (Onyekere et al., 2022). Les articles inclus dans cette étude variaient en qualité allant de qualité modérée à élevée et comprenaient différentes interventions telles que la physiothérapie, l'éducation sous toutes ses formes, la ceinture pelvienne ou lombo-pelvienne, les exercices (exercices dans l'eau, aérobic, renforcement, étirements et respiration), la thérapie manuelle et les soins prénataux de routine chez la femme enceinte. De cette revue systématique, deux études de qualité modérée se sont intéressées à l'exercice physique, soit Mirmolaei et al. 2017 et Yousefabadi et al. 2019. La première étude, réalisée auprès de 171 femmes enceintes ayant des DLP, avait pour but de déterminer l'effet d'un programme d'entraînement physique d'une durée de 12 semaines sur les DLP (Mirmolaei, Ansari, Mahmoudi, & Ranjbar, 2018). L'étude comprenait deux groupes, soit le groupe contrôle (soins prénataux standards) et le groupe intervention (éducation et exercices). Les résultats de cette étude montrent une augmentation significative des DLP pour le groupe contrôle (moyenne_{avant} : 3,56; moyenne_{après} : 5,01) et une diminution significative des DLP pour le groupe intervention (moyenne_{avant} : 3,87; moyenne_{après} : 2,94). De plus, le groupe intervention a évalué l'intensité des DLP plus faible après l'intervention que le groupe contrôle (groupe contrôle : moyenne_{avant} l'intervention = 3,56, moyenne_{après} l'intervention = 5,01; groupe intervention : moyenne_{avant} l'intervention = 3,87, moyenne_{après} l'intervention = 2,94, sur une échelle visuelle analogue de 10 cm) (Mirmolaei et al., 2018). Dans un même ordre d'idée, la deuxième étude avait pour objectif d'évaluer, sur une période de

six semaines, l'effet d'exercices de renforcement et d'étirement sur les DL au deuxième trimestre de grossesse (Yousefabadi, Sarani, Arbabshastan, Adineh, & Shahnnavazi, 2019). Les résultats montrent qu'à partir de la deuxième semaine suivant le début du projet jusqu'à la toute fin de celui-ci, l'intensité des DL est significativement différente entre les groupes. En effet, pour le groupe intervention (renforcement et étirement), l'intensité des DL est significativement réduite à partir de la troisième semaine du projet ($p < 0.001$) tandis que pour le groupe contrôle (éducation), l'intensité des DL est significativement augmentée à partir de la quatrième semaine du projet ($p = 0.025$) (Yousefabadi et al., 2019). De ces études, il est possible de constater que le groupe dit « intervention » peut parfois varier dans les thérapies y étant incluses; exercices ou exercices en combinaison avec une autre intervention.

Dans les dernières années, les exercices de stabilisation, aussi appelés « exercices de contrôle moteur », ont permis d'améliorer la prise en charge des douleurs (Hides, Jull, & Richardson, 2001; Stuge, 2019). L'utilisation d'exercices de type conventionnel s'avère moins pertinente puisque ces exercices ont pour objectif d'améliorer les capacités physiques de base en utilisant des mouvements larges et globaux. Les exercices de contrôle moteur correspondent à des programmes visant à améliorer fonctionnellement et spécifiquement certains muscles du tronc dont le rôle principal serait de contrôler les mouvements intersegmentaux de la colonne vertébrale tout en permettant aux patientes de reprendre le contrôle et la coordination de leur colonne vertébrale et de leur pelvis en utilisant les principes d'apprentissage moteur (Hides et al., 2001; Stuge, 2018). La définition du concept d'apprentissage moteur est établie selon quatre caractéristiques : (1) il est le processus d'acquisition des capacités à produire des actions spécifiques, (2) il est le résultat direct de la pratique et de l'expérience, (3) il survient sur la base des changements comportementaux observables, et (4) il est censé produire des changements relativement permanents dans la capacité des comportements spécifiques (Schmidt & Lee, 2011). Cette définition présente l'apprentissage moteur comme un ensemble de processus associé avec la pratique ou l'expérience amenant des changements permanents dans la capacité de mouvements spécifiques (Schmidt & Lee, 2011).

Chez des individus non-enceintes ayant des DL, les exercices de contrôle moteur semblent efficaces pour réduire l'intensité des DL et l'incapacité physique, et ce seuls ou en complément d'une autre thérapie axée sur la stabilisation (Macedo et al., 2009). Dans la période post-partum, ces exercices réduisaient aussi significativement l'intensité des douleurs lombaires et l'incapacité

physique (Moheboleslam et al., 2022). Pendant la grossesse, ces exercices montrent un effet positif sur l'intensité des douleurs, mais ce niveau de preuve reste faible (Gutke et al., 2015). Cependant, en raison d'une qualité d'article faible et de l'hétérogénéité des données concernant l'effet de l'exercice prénatal sur la sévérité des douleurs lombo-pelviennes, aucune recommandation n'a pu être établie pour la prise en charge de ce type de douleur chez la femme enceinte (Davenport et al., 2019).

Au final, les femmes enceintes sans contre-indications à l'activité physique devraient rencontrer les recommandations pour améliorer leur condition pendant la grossesse. Cependant, plusieurs ne les atteignent pas, peut-être par manque de ressources ou d'amélioration observable dans leur quotidien. Les interventions à distance semblent être une option de choix afin de permettre aux femmes enceintes d'avoir accès à un entraînement personnalisé (même en temps de pandémie). Bien que l'exercice physique de type conventionnel soit une manière de prise en charge sécuritaire et peu coûteuse, les bienfaits de cette thérapie ne semblent pas maintenir ou améliorer la condition des femmes enceintes ayant des DLP. D'où l'importance de s'intéresser à des programmes d'exercices de contrôle moteur axant leurs bienfaits sur la stabilisation articulaire.

Chapitre 2 – Article 1, Association between pregnancy-related hormones and lumbopelvic pain characteristics in pregnant women: a scoping review

Ce chapitre inclut le premier article de cette thèse qui a été publié dans la revue « Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics » en 2021.

Catherine Daneau¹, Mariève Houle², Mégane Pasquier¹, Stephanie-May Ruchat², Martin Descarreaux²

Affiliations des auteurs :

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

² Département des Sciences de l'Activité Physique, Université du Québec à Trois-Rivières Québec, Canada

Contribution des auteurs :

Catherine Daneau : conception de l'étude, réalisation de la revue de la littérature, tri des articles, extraction des données, évaluation de la qualité des articles, analyse et interprétation des données, écriture de l'article scientifique

Mariève Houle : évaluation de la qualité des articles, lecture de l'article scientifique

Mégane Pasquier : conception de l'étude, tri des articles

Stephanie-May Ruchat : supervision et encadrement des étudiantes dans la conception de l'étude, la réalisation de la revue de la littérature, tri des articles, extraction des données, évaluation de la qualité des articles, analyse et interprétation des données, écriture de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Martin Descarreaux : supervision et encadrement des étudiantes dans la conception de l'étude, la réalisation de la revue de la littérature, tri des articles, extraction des données, évaluation de la qualité des articles, analyse et interprétation des données, écriture de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Résumé

Objectifs : Les objectifs de cette revue de la littérature étaient 1) de documenter et de quantifier les associations potentielles entre les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne et les hormones liées à la grossesse et 2) d'identifier les approches de recherche et les outils d'évaluation utilisés pour étudier les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne et les hormones liées à la grossesse.

Méthodes : La recherche documentaire a été menée dans 6 bases de données (MEDLINE, Academic Search Complete, CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature), SportDiscus, PsycINFO et Cochrane) de la création des bases de données jusqu'en mars 2020 et a été complétée en utilisant des termes de recherche relatifs aux femmes enceintes, aux hormones liées à la grossesse et aux douleurs lombo-pelviennes. Le risque de biais a été évalué à l'aide des caractéristiques recommandées par Guyatt et al. pour les études observationnelles.

Résultats : La recherche a donné 1015 publications, dont 9 répondaient aux critères d'inclusion. La relaxine était l'hormone liée à la grossesse la plus étudiée. Une association entre les niveaux de relaxine et la présence ou la sévérité des douleurs lombo-pelviennes a été trouvée dans 4 études, tandis que 5 études n'ont pas rapporté d'association entre elles. Une étude a rapporté une association entre la relaxine et la présence ou la gravité de la douleur lombo-pelvienne, tandis que 2 études n'ont rapporté aucune association et ont été considérées comme présentant un faible risque de biais. Une étude a rapporté des mesures des niveaux d'œstrogène et de progestérone. Elle a montré que les niveaux de progestérone étaient significativement plus élevés chez les femmes enceintes souffrant de douleurs lombo-pelviennes que chez celles qui n'en souffraient pas, tandis que les concentrations d'œstrogènes étaient similaires dans les deux groupes.

Conclusion : La littérature a montré des preuves contradictoires concernant l'association entre les hormones liées à la grossesse et les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne chez les femmes enceintes. Les outils d'évaluation utilisés pour étudier les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne et les hormones liées à la grossesse sont hétérogènes entre les études. Sur la base des preuves limitées et contradictoires, et en raison de l'hétérogénéité des outils d'évaluation et de la mauvaise qualité générale de la littérature, il n'y a pas d'association claire entre les hormones liées à la grossesse et les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne.

Mots clés : Grossesse ; Relaxine ; Œstrogène ; Progestérone ; Douleur lombaire ; Douleur de la ceinture

Abstract

Objectives: The objectives of this scoping review were 1) to document and quantify the potential associations between lumbopelvic pain characteristics and pregnancy-related hormones and 2) to identify research approaches and assessment tools used to investigate lumbopelvic pain characteristics and pregnancy-related hormones.

Methods: The literature search was conducted in 6 databases (MEDLINE, Academic Search Complete, CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature), SportDiscus, PsycINFO and Cochrane) from inception up to March 2020 and completed using search terms relevant to pregnant women, pregnancy-related hormones and lumbopelvic pain. The risk of bias was assessed using the characteristics recommended by Guyatt et al. for observational studies.

Results: The search yielded 1015 publications from which 9 met the inclusion criteria. Relaxin was the most studied pregnancy-related hormone. An association between relaxin levels and lumbopelvic pain presence or severity was found in 4 studies, while 5 studies did not report an association between them. One study reported an association between relaxin and lumbopelvic pain presence or severity while 2 studies reported no association and were considered as having a low risk of bias. One study reported measures of estrogen and progesterone levels. It showed that progesterone levels were found to be significantly higher in pregnant women with lumbopelvic pain compared to those without, while estrogen concentrations were similar in both groups.

Conclusion: The literature showed conflicting evidence regarding the association between pregnancy-related hormones and lumbopelvic pain characteristics in pregnant women. The assessment tools used to investigate lumbopelvic pain characteristics and pregnancy-related hormones are heterogeneous across studies. Based on limited and conflicting evidence, and due to the heterogeneity of assessment tools and overall poor quality of the literature, there is no clear association between pregnancy-related hormones and lumbopelvic pain characteristics.

Key Indexing Terms: Pregnancy; Relaxin; Estrogen; Progesterone; Low Back Pain; Pelvic Girdle Pain

Introduction

During pregnancy, women experience several rapid and profound adaptations, such as postural, anatomical, biomechanical, and hormonal changes. These adaptations can lead to pain in the lumbar and pelvic regions,¹ often called lumbopelvic pain (LBPP). Lumbopelvic pain is described as either low back pain (LBP) or pelvic girdle pain (PGP) or a combination of both types of pain occurring at the same time.² LBP is characterized by ache or muscle tension located below the costal margin and above the inferior gluteal fold^{2,3} that may radiate into the leg,⁴ whereas PGP is defined as pain located in the surrounding area of the sacroiliac joint between the posterior iliac crest and the gluteal fold that may radiate in the posterior thigh.² Throughout pregnancy, about 50% of women will experience LBP or PGP⁵ and 25% of them will still experience pain 1 year after delivery.^{5,6} The presence of LBPP is associated with negative repercussions on sleep, social and sexual life, physical and work capacity,⁷ as well as psychological health.^{8,9} As well, LBPP contributes to physical inactivity during pregnancy,¹⁰ which has been associated with an increased risk of pregnancy complications.¹¹⁻¹⁴

It has been hypothesized that pregnancy-related hormones are potential contributors to LBPP presence and severity.^{2,15} Pregnant women go through several important hormonal changes that affect hormones such as relaxin, estrogen and progesterone.^{16,17} Relaxin levels increase by the end of the first trimester, and remain relatively high until delivery.¹⁸ Relaxin relaxes spinal and pelvic ligaments and joints to facilitate childbirth and may consequently trigger spinal and pelvic laxity.^{15,19} Estrogen levels show a steep rise from 34 to 36 weeks of gestation.¹⁶ This hormone promotes fetal growth and well-being^{17, 20, 21} while modulating the nervous system and several musculoskeletal tissue properties, which is believed to contribute to LBPP presence and severity.²² Finally, progesterone levels rise significantly throughout pregnancy, peaking at approximately week 15.²³ This hormone contributes to the relaxation of all smooth muscles during pregnancy,¹⁶ with a possible association with LBPP presence and severity.²² From a biological standpoint, relaxin, estrogen, and progesterone may therefore play an important role in the presence and severity of LBPP.²² However, the relationship between these hormones and LBPP characteristics (presence and severity) is still not clear.

A systematic review was conducted with the aim of investigating the level of evidence available in the association between relaxin levels and PGP presence during pregnancy.¹⁹ Six studies were included, 2 of them reporting an association between relaxin levels and PGP. However, only 1 of these studies reported high quality evidence, according to the authors' evaluation.¹⁹ The authors concluded that the level of evidence for the association between the presence of PGP and relaxin levels was low. The authors also concluded that the lack of standardization in LBPP assessment and the lack of control for potential risk factors increased potential bias, leaving uncertainty in the interpretation of their findings.¹⁹ Noteworthy, while most studies evaluating the link between pregnancy-related hormones and LBPP presence and severity during pregnancy exclusively focused on relaxin, estrogen and progesterone also deserve attention when trying to understand the contribution of these hormones to the presence and severity of LBPP.

Therefore, there is a need for further research to clarify the association between pregnancy-related hormones and LBPP characteristics. Thus, the objectives of this scoping review were to document and quantify the potential associations between LBPP characteristics and pregnancy-related hormones and to describe research approaches and assessment tools to investigate LBPP characteristics and pregnancy-related hormones.

Methods

A scoping review approach was chosen in order to address this broad health-related research question, which had been examined through different study designs. Scoping reviews are designed to inform broad research question such as the role played by pregnancy-related hormones in the development of LBPP characteristics and refine subsequent research inquiry.²⁴ This scoping review was conducted according to the framework described by Levac et al.²⁴

Identifying the research question

This scoping review was conducted in order to answer the following question: what is the potential role of pregnancy-related hormones relaxin, estrogen, and progesterone in the development, presence and severity of LBPP in pregnant women?

Identifying relevant studies

The article search was realized in assistance with the librarian of the Université du Québec à Trois-Rivières from inception up to March 2020 in the following databases: MEDLINE, Academic Search Complete, CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature), SportDiscus, PsycINFO and Cochrane. The following terms (MESH or non-MESH) were used in combination when databases search was implemented: (hormone* OR relaxin OR estrogen* OR progest*) AND (pregnan*) AND (“back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR backache). Additional data sources were searched, including the authors’ pre-existing knowledge of the literature and the reference list of articles to identify other relevant published peer-reviewed studies. An Endnote library (version X7, Clarivate Analytics, Boston, MA, USA) was created to import all studies from the initial search results. The search strategy was not restricted by year of publication.

Study selection and screening

Inclusion and exclusion criteria

To be included in the first step of the article selection, all studies had to be published in a peer-reviewed journal and written in French or English. The studies had to be conducted with human participants (animal research were excluded) and involve pregnant women of any age. The studies had to include at least 1 relevant LBPP or pain-related disability outcome and at least 1 hormone outcome.

The following types of publication were excluded: opinion and commentary papers, letters, editor responses, conference abstracts, case and case series studies. We also excluded reviews and meta-analyses because we only wanted primary studies.

Study screening

The article search was completed by 1 of the authors (C.D.), whereas record screening by title and abstract was performed by 2 independent reviewers (C.D. and M.P.). The studies were classified as relevant, irrelevant and possibly relevant in an Excel spreadsheet. In case of disagreements between the 2 reviewers, further review was conducted by S-M.R. and M.D.. Full-texts from the studies deemed relevant and possibly relevant were screened by 1 author (C.D.) to determine the final set of eligible studies for this scoping review according to the relevant sample, intervention, comparisons, outcomes and study design before the beginning of data extraction.

Charting the data

To extract relevant data and information from the eligible studies, a data extraction table was created, which included: *author and year of publication, study objectives, study design, operational definition of LBPP (LBP and/or PGP), sample (characteristics of the participants), hormones, clinical outcomes and results*. The extraction of all information was conducted by 1 reviewer (C.D.) and double-checked by 2 other reviewers (S-M.R. and M.D.).

Collating, summarizing and reporting the results

The risk of bias was assessed by 2 authors (C.D. and M.H.) using the characteristics recommended by Guyatt et al. for observational studies.²⁵ All studies were screened for potential sources of bias including selection (inappropriate sampling), reporting (selective/incomplete outcome reporting), performance (flawed measurement of exposure), detection (flawed measurement of outcome), attrition (incomplete follow-up, high loss to follow-up) and 'other' sources of bias. For our study, an item that was classified as low risk of bias received a score of 0, high risk of bias received a score of 2 and unclear risk of bias received a score of 1. Adding all the items scores, an article was

categorized according to the risk of bias score, which ranged from 0 to 12 points. An article with a score between 0 and 3, was considered to have a low risk of bias, between 4 and 7 was considered a moderate risk, and between 8 and 12 was considered a high risk of bias.

Results

A total of 1015 articles were identified, from which 9 fulfilled the inclusion criteria. Even if other sources were searched to include additional articles, the search did not yield any results. A PRISMA diagram of the search results, including reasons for exclusion, is shown in Figure 13. Of the 9 studies, 2 were cross-sectional studies^{26,27} with 1 of them also including a cohort study in the same article,²⁷ 2 were cohort studies,^{28,29} 1 was a prospective case-control study,³⁰ 3 were prospective clinical cohort study³¹⁻³³ and 1 was a case-control within a cohort study.³⁴ The selected studies came from Denmark,^{26, 30, 34} Sweden,^{27, 31-33} South Australia²⁸ and Norway.²⁹ All 3 studies by Kristiansson et al. were independently included in the scoping review because they presented results for different dependent variables, although they were based on the same sample, with an additional group of women who became pregnant after *in vitro* fertilization treatment in Kristiansson et al. (1998).³¹⁻³³ The study of Kristiansson et al. (1999) was also included because it comprised estrogen and progesterone³³. Finally, the study of Vollestad et al. (2012) was the only article that was not included in the 2012 systematic review of Aldabe,¹⁹ probably because it was published after.²⁹

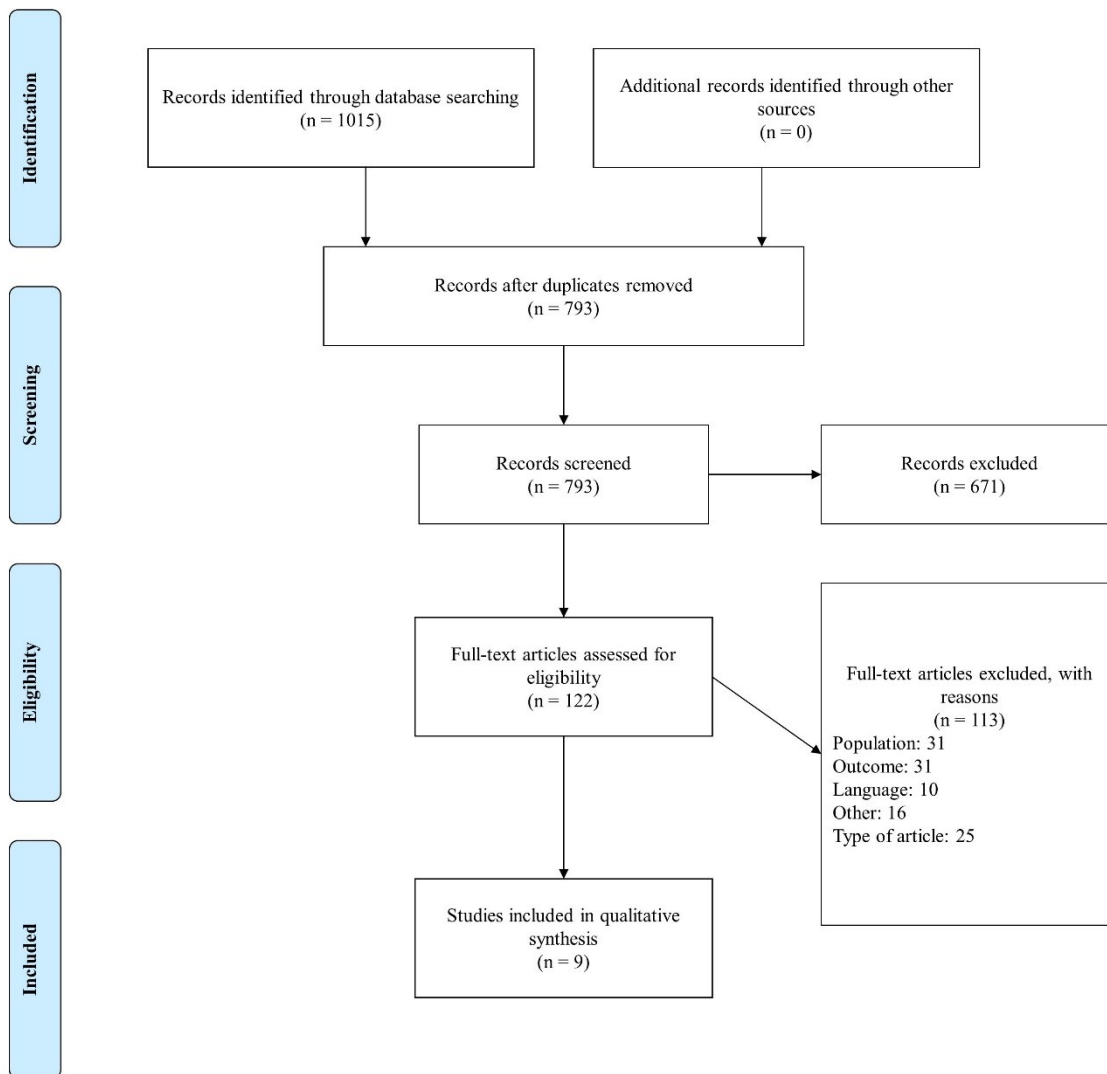


Figure 13. – Flow diagram of study selection.

Assessment tools to measure LBPP and pregnancy-related hormones: outcomes measures

The definition of LBPP was varied, which limited comparison between studies. Most studies defined LBPP according to subjective evidence such as pain symptoms descriptors.²⁹⁻³⁴ Only a few studies used objective measures based on physical or orthopedic tests to confirm the diagnosis.^{26, 28, 29} One study did not provide a specific operational definition of LBPP (LBP and/or PGP).²⁷

Regarding the assessment of LBPP pain severity, 6 studies used palpation for pain^{27, 29, 31-33} and tenderness.³⁰ Pain was also evaluated by visual analog scale (VAS) in 4 studies^{29, 31-33}. Other tests used for pain included Patrick's FABERE test,^{29, 30} Posterior Pelvic Pain Provocation test, sometimes also called femoral compression test,^{27, 29, 31-33} straight leg raising^{27, 29, 32, 33} and lateral side bending^{32, 33} or lateral flexion test.²⁸

Other clinical outcomes related to LBPP pain were assessed, such as hypermobility (Beighton score),²⁹ symphyseal width (ultrasonography),²⁷ disability (Disability Rating Index, DRI) and distress (Hopkins Symptoms Check List, HCSL-25).²⁹ Figure 14 illustrates proportions of the most commonly reported evaluation tools for exposure and outcomes measures.

All studies evaluated relaxin levels using the enzyme linked immunosorbent assay (ELISA),^{26, 27, 29-34} with the exception of 1 study which used a homologous porcine radioimmunoassay test.²⁸ Only 1 study reported measures of estrogen and progesterone levels and used radioimmunoassay testing.³³

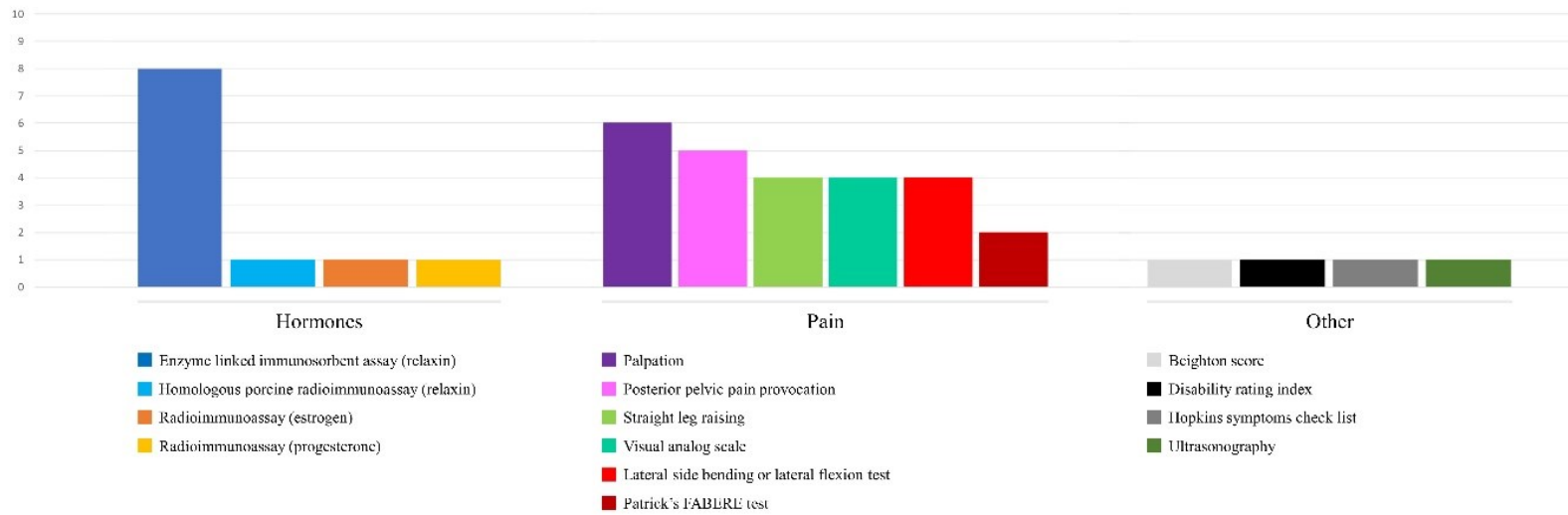


Figure 14. – Proportion representation of the most commonly reported evaluation tools for exposure and outcome measures.

Risk of bias

Among the 9 studies, 3 were evaluated as having a low risk of bias,^{27, 29, 31} 4 had a moderate risk of bias^{30, 32-34} and 2 a high risk of bias.^{26, 28} Table 4 presents the risk of bias assessment summary. The most common risk of bias was selection risk of bias (7 studies),²⁶⁻³⁴ followed by selective reporting risk of bias (6 studies),^{26, 28, 30, 32-34} attrition risk of bias (4 studies)^{26, 28, 32, 33} and other^{26, 28, 30, 34} risk of bias (4 studies).

Table 4 – Assessment summary of risk of bias

Author	Bias						Overall rating	Association	Hormones
	A	B	C	D	E	F			
Albert (1997)	2	0	1	1	2	2	8	∅	R
Bjorklund (2000)	1	0	0	0	0	0	1	∅	R
Hansen (1996)	2	0	0	0	1	2	5	∅	R
Kristiansson (1996)	1	0	0	2	2	0	5	+	R
Kristiansson (1998)	1	0	0	0	0	0	1	+	R
Kristiansson (1999)	1	1	0	2	1	0	5	+ / ∅	R, P / E
MacLennan (1986)	2	2	2	1	2	2	11	+	R
Peterson (1997)	1	0	1	0	1	2	5	∅	R
Vollestad (2012)	1	0	0	0	0	0	1	∅	R
	100%	22.2%	33.3%	44.4%	66.7%	44.4%			

Assessment summary of risk of bias using the characteristics recommended by Guyatt et al. Bias: A (selection), B (performance), C (detection), D (attrition), E (selective reporting) and F (other). Risk of bias: low (0), unclear (1) and high (2); The overall rating column is the sum of the scores given to each source of bias. The risk of bias of an article was considered low if the score was between 0 and 3, moderate if the score was between 4 and 7 and high if the score was between 8 and 12. The association column presents the presence (+) or the absence (∅) of an association between hormones (relaxin, estrogen or progesterone) and LBPP characteristics or other LBPP-related clinical outcomes. The 3 hormones investigated in this scoping were (R) relaxin, (E) estrogen and (P) progesterone at different times during pregnancy.

Synthesis of data

An association between relaxin levels and LBPP presence or severity was found in 4 studies out of 9^{28, 31-33} (1 study classified as having a low risk of bias, 2 studies as having a moderate and 1 study as having a high risk of bias). In 1 study (moderate risk of bias), a significant correlation was found between relaxin and pain severity in the symphysis and throcanteric regions at 36 weeks of gestation³². Furthermore, higher mean relaxin levels were associated with positive results in the femoral compression test at 12, 34³¹ and 36³² weeks of gestation, tender sacrospinous ligament test at 12 and 34 weeks of gestation³¹ and with pain location from 13 to 17 and 24 to 31 weeks of gestation³³ (1 study classified as having a low risk of bias and 2 studies as having a moderate risk of bias).

Five studies out of 9 did not report an association between relaxin levels and LBPP presence^{26, 27, 30, 34} (1 study classified as having a low risk of bias, 2 studies as having a moderate and 1 study as having a high risk of bias), whereas 1 study (classified as having a low risk of bias) reported an association between relaxin and 1 clinical test (the active straight leg raise test) out of 7 at 15 and 30 weeks of gestation.²⁹ A study (classified as having a low risk of bias) examined the relationship between relaxin, pelvic pain severity and symphyseal distention using ultrasonography at 12 and 35 weeks of gestation.²⁷ This study reported no significant difference between relaxin levels in women with and without LBPP.²⁷ Finally, 1 study (classified as having a low risk of bias) showed that hypermobility, distress and disability were not significantly associated with relaxin levels at 15 and 30 weeks of gestation.²⁹

Only 1 study (classified as having a moderate risk of bias) examined other pregnancy-related hormones in relation to LBPP presence and severity. Progesterone levels were found to be significantly higher in pregnant women with LBPP compared to women without LBPP at 12 weeks of gestation, while estrogen concentrations were similar in both groups of women.³³

Taken together, the literature highlights that there is still conflicting evidence regarding the association between pregnancy-related hormones and LBPP presence or severity in pregnant women. Table 5 presents the summary of data synthesis.

Table 5 – Summary of data synthesis.

Author	Measure of reported comparison or correlation	Value(s) for the measure of association	Interpretation
Albert (1997) ²⁶	Group comparison using Mann-Whitney test (mean \pm SD of relaxin levels (units/l))	<p>Pelvic girdle syndrome: 552 \pm 286, p > 0.05</p> <p>Symphysiolysis: 598 \pm 348, p > 0.05</p> <p>One sided sacroiliacs pain: 592 \pm 323, p > 0.05</p> <p>Double sided sacroiliac pain: 579 \pm 305, p > 0.05</p>	No significant difference of relaxin between any groups.
Bjorklund (2000) ²⁷	Spearman's rank correlation coefficient (r)	r = -0.243, p = 0.051	No significant correlation between symphyseal width and relaxin levels.
		No value reported	No statistically significant correlation between symphyseal width and both relaxin levels (week 12 of gestation) and difference in relaxin levels at 12 and 35 weeks of gestation.

Table 5 (suite)

Author	Measure of reported comparison or correlation	Value(s) for the measure of association	Interpretation
Hansen (1996) ³⁰	Group comparison using Kruskal-Wallis test for non-parametric data (median of relaxin levels (pg/ml))	<24 weeks: Chronic pain (736), ex-positive (676) and control (1087), $p = 0.84$ 24 weeks until delivery: Chronic pain (556), ex-positive (605) and control (551), $p = 0.99$	No statistically significant difference in relaxin concentration before or after the 24 th week between the chronic pain, ex-positive or control group.
Kristiansson (1996) ³²	Pearson's or Spearman's correlation (r)	Symphysis region: $r = 0.15, p = 0.04$ Trochanteric region: $r = 0.17, p = 0.02$	Significant positive correlation between mean relaxin value and pain (symphysis and trochanteric region) onset during pregnancy and at week 36 of gestation.
Kristiansson (1998) ³¹	Trimester comparison using Student's t-test	No value reported: $0.005 < p < 0.0001$	When the in vitro fertilization pregnant women and spontaneously pregnant women were analysed together as one group, the women reporting sacral pain with onset during pregnancy at the third visit had higher relaxin values at all 5 sampling visits, all differences being highly significant.

Table 5 (suite)

Author	Measure of reported comparison or correlation	Value(s) for the measure of association	Interpretation
Kristiansson (1999) ³³	Group comparison using Student's t-test (mean \pm SD hormone value (ng/L))	Relaxin: With pelvic pain (913.2 \pm 33.1) and without pelvic pain (738.4 \pm 64.2), p = 0.008 (gestational weeks 13 to 17), p = 0.02 (gestational weeks 24 to 31)	Women reporting pelvic pain in late pregnancy with onset during pregnancy displayed significantly higher relaxin values at gestational weeks 13 to 17 and weeks 24 to 31 than did women without pelvic pain.
		Progesterone: With pelvic pain (77.2 \pm 3.1) and without pelvic pain (66.6 \pm 2.2), (p < 0.01)	The progesterone concentrations among women reporting pelvic pain were significantly higher at gestational weeks 6 to 12 (but not later).
		Estradiol: No value reported, p > 0.05	The estradiol concentrations did not show any significant difference between women with and without pelvic pain.
MacLennan (1986) ²⁸	Group comparison using Mann-Whitney test	No value reported, p = 0.00005	Relaxin are significantly higher in group "severe incapacitating pelvic joint pain" compared to group "no major degrees of pelvic pain or joint instability" both during the first and second half of pregnancy.
Peterson (1997) ³⁴	Group comparison (mean \pm SD, relaxin levels (pg/ml))	Disabling pelvic pain: 336 \pm 18 Normal pregnant women: 343 \pm 16 p > 0.05	No significant difference in relaxin concentration at 30 th week between pregnant women with disabling pelvic pain and normal pregnant women.
	Correlation (not specified) (r)	No value reported, p > 0.05	Relaxin concentrations were not correlated with the degree of disability.
Vollestad (2012) ²⁹	Correlation (not specified) (r)	r = 0.14, p = 0.042	Significant association only between relaxin concentration and the active straight leg raise test.

Discussion

The results of our scoping review showed that relaxin was the most studied pregnancy-related hormone compared to estrogen and progesterone. Our findings indicate that there is still conflicting results regarding the association between relaxin and LBPP characteristics, with 4 studies reporting an association and 5 studies reporting no association out of the 9 studies included in this scoping review.

The size of the sample with or without LBPP of the included studies varied from 14 to 1734 participants. Regarding the large variations in sample size and the results of those studies, no conclusion can be drawn about the association between pain severity and pregnancy-related hormones. Some studies included in the scoping review showed large variations of pregnancy-related hormones during pregnancy. The literature showed that even with this large variation in pregnancy-related hormone concentrations, these studies were assessed revealing equally large individual variations.^{27, 29, 30, 32, 34} Most of the studies which reported no association were realized in the third trimester, while most studies reporting an association were realized throughout the pregnancy.

Among the 4 studies reporting an association between relaxin and LBPP presence or severity, only 1 was considered as having a low risk of bias, while among those reporting no association, 2 were considered as having a low risk of bias. Generally, the risk of bias evaluation showed that selection and selective reporting risk of bias were the 2 main issues across studies scored as having a “high or unclear risk of bias”. Regarding the selection bias, pregnant women were mostly recruited using convenience sampling in a single hospital, obstetric clinic or maternity care unit, and inclusion criteria were often not clearly established.³¹⁻³³ For selective reporting bias, some studies did not report results about all the outcomes mentioned in the method section. For instance, three studies performed a clinical examination of the back, which included tests of configuration, mobility and pain provocation, but 1 study reported only the femoral compression test.³² Another study did not report results of the lateral flexion tests.²⁸ Finally, 1 study did not report results of relaxin levels and clinical tests for 1 subgroup of pregnant women out of 5.²⁶ During pregnancy there are

increased concentrations of relaxin, but with huge interindividual variations. The mode of conception, for example, could explain these variations. Indeed, Kristiansson et al. (1998) reported that women who conceived after in vitro fertilization (IVF) have relaxin levels about 10 times higher throughout pregnancy as compared with that of women who conceived naturally.³¹ Interestingly, the same authors found that pregnant women who conceived after IVF exhibited a 2 times higher prevalence of sacral pain in early and late pregnancy, as well as a higher frequency of positive results on pelvic pain provocation tests in late pregnancy. Based on these findings, the authors concluded that relaxin caused pelvic pain because the levels of the hormone were higher in IVF pregnancies.³¹ Unfortunately, this study is the only 1 among the 9 studies included in our scoping review that mentioned having a group of women who became pregnant after IVF. Overall, due to the conflicting evidence drawn from the included studies and methodological issues identified, it is impossible to conclude whether or not there is an association between relaxin and LBPP presence or severity in pregnant women.

A previous systematic review assessed the level of evidence regarding the association between relaxin levels and PGP presence during pregnancy.¹⁹ The risk of bias tool used in this study was the Newcastle-Ottawa scale, which was developed for assessment of case-control and cohort studies. The systematic review focused on relaxin, and showed that 4 studies out of 6 were high quality studies, 3 of them reporting no association between relaxin levels and PGP presence.¹⁹ It was hoped that our scoping review would not only clarify the relationship between pregnancy-related hormones and LBPP characteristics, but would also provide critical information concerning subjective and objective assessment tools for LBPP outcomes.

Although a series of clinical tests are available to assess LBPP presence in pregnant women, the 2008 European Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Pelvic Girdle Pain recommend that LBPP should be diagnosed using pain provocation tests (Posterior Pelvic Pain Provocation test, Patrick's FABERE test, Gaenslen's test and modified Trendelenburg's test) and pain palpation tests (long dorsal ligament test and palpation of the symphysis).² The Guidelines also recommend the active straight leg raise test to assess pelvic girdle function.² However, only some of the studies included in this scoping review considered these tests to assess LBPP presence in pregnant women.

Pain palpation tests^{27,29-33} and active straight leg raise test^{27,29,32,33} were the most commonly used procedures across studies, whereas the Posterior Pelvic Pain Provocation test²⁹ and the Patrick's FABERE test^{29,30} were used in only a few ones. Most of the studies included in the scoping review, however, were published prior to these guidelines, which could explain disparities across studies. Future studies should include recommended assessment procedures such as pain provocation tests, palpation tests and functional tests to facilitate comparison and interpretation of results across studies.

Several factors can be involved in the LBPP (including PGP, LBP or both) after delivery. Among the available publications, we found that younger and older maternal age,^{5, 35, 36} higher fetal weight,³⁷ history of LBP and pain severity³⁸ and emotional distress³⁹ seems to be associated with long-term LBPP. Overall, the persistence of LBPP after delivery could comprise 1 or more factors, and can differ between women.

The majority of studies included in this review examined relaxin in relation to LBPP presence or severity, while estrogen and progesterone were investigated in only 1 study of moderate risk of bias.³³ This study (which showed that relaxin was significantly higher in women reporting LBPP in late pregnancy compared to women without LBPP) also found that progesterone levels were higher in pregnant women with LBPP than in those without LBPP. However, estrogen was not associated with LBPP presence and severity throughout pregnancy. The different physiological effects of estrogen and progesterone might explain these results. Indeed, estrogen increases ligament laxity and decreases ligament stiffness,¹⁷ whereas progesterone promotes uterine growth and suppression of myometrial contractility.⁴⁰ Other studies, including or not pregnant women, examined the association between the use of contraception and LBPP characteristics. Bjelland et al.^{41,42} investigated the association between hormonal contraception and the LBPP presence during and following pregnancy (30 weeks of pregnancy⁴¹ and 18 months after delivery⁴²). In their 2013 study, the authors reported that the use of combined oral contraception (estrogen and progesterone) prior to pregnancy was not associated with PGP presence up to pregnancy week 30.⁴¹ They reported that 1 mode of contraception use based on the preceding year, the progestin intrauterine device, was associated with PGP during pregnancy.⁴¹ In their second study, the authors reported that

exposure to any progesterone-only contraceptive (intrauterine device, oral contraceptives, injections or implants) during the first 3 months following delivery was not significantly associated with persistent PGP.⁴² Moreover, exposure to any progesterone-only contraceptive for >12 months was associated with reduced odds of persistent PGP when compared with no exposure.⁴² Another study assessed the association between hormonal contraceptive use and PGP and found that use of hormonal contraceptives was associated with an increased risk of PGP during a woman's first pregnancy.⁴³ Finally, Wreje et al. investigated whether oral contraceptives may contribute to increased LBP frequency in a sample of user and non-user of oral contraceptives. The authors could not conclude that there is a solid association between oral contraceptive use and a higher incidence of LBP.⁴⁴

Considering the available conflicting evidence with regard to the association between pregnancy-related hormones, the use of contraception and LBPP presence in pregnant women, further research is needed and should take into consideration changes in levels of pregnancy-related hormones throughout pregnancy and both the presence and severity of LBPP to better describe the possible correlation between pregnancy-related hormones and LBPP characteristics. Experimental studies investigating interactions between neuromechanical and physiological changes during pregnancy are needed to better understand the etiology of LBPP in pregnant women.

Different pharmacological or non-pharmacological options can be used by pregnant women to treat LBPP (including LBP, PGP or both). While pharmacological options are limited during pregnancy, non-pharmacological options should be considered during pregnancy. A systematic review published in 2011 investigated the cost-effectiveness of non-pharmacological guideline-endorsed treatments for non-specific LBP. The authors found evidence supporting the cost-effectiveness of the guideline-endorsed treatments of interdisciplinary rehabilitation, exercise, acupuncture, spinal manipulation and cognitive behavioral therapy for sub-acute or chronic LBP. Some treatments can be easily accessible, require minimal equipment and can be performed at home, such as exercise.⁴⁵ In this respect, a recent meta-analysis conducted to guide the 2019 Canadian Guideline for Physical Activity throughout Pregnancy reported that physical activity performed in various formats during pregnancy (i.e., aerobic exercise, yoga, specific strengthening exercise, general strengthening

exercise or a combination of different types of exercise) decreased the severity of LBPP during pregnancy.⁴⁶

Limitations and Future Studies

This scoping review is not without limits. The first limitation echoes limitation from the original studies included in our study. All studies included a group of pregnant women with LBPP and 7 studies included a control group (group of women without LBPP).^{26-28, 30, 32-34} The definition of control groups, however, was described in 3²⁶⁻²⁸ studies as participants without or with mild LBPP symptoms, which could lead to erroneous interpretation of the study results. Another limitation of our scoping review is that language was restricted to English and French only. One of our strengths is that 6 databases were searched as well as gray literature to include all relevant studies in our scoping review. Another strength is that we did not only focus on relaxin in relation to LBPP characteristics (development, presence and severity of LBPP) but also included the investigation of estrogen and progesterone, giving a global overview of the possible associations between pregnancy-related hormones and LBPP characteristics. This study also identified methodological issues that should be considered in the development of future studies in order to improve our overall understanding of LBPP in pregnant women. More studies of higher methodological quality are therefore needed to better describe the possible association between pregnancy-related hormones and LBPP characteristics.

Conclusion

This scoping review found conflicting evidence regarding the association between pregnancy-related hormones and LBPP characteristics, and overall poor quality of the literature thus the association between relaxin and LBPP characteristics is not clear. This scoping review showed an association between progesterone and LBPP characteristics (presence and severity), while no association with estrogen was found. The majority of studies presented a moderate to high risk of bias., Also, the assessment tools used to investigate LBPP characteristics and pregnancy-related hormones are heterogeneous across studies.

References

1. Ribeiro AP, Joao SM, Sacco IC. Static and dynamic biomechanical adaptations of the lower limbs and gait pattern changes during pregnancy. *Women's health (London, England)*. 2013;9(1):99-108. Epub 2012/12/18. doi: 10.2217/whe.12.59. PubMed PMID: 23241158.
2. Vleeming A, Albert HB, Östgaard HC, Stuessen B, Stuge B. European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *European Spine Journal*. 2008;17(6):794-819.
3. Furlan AD, Giraldo M, Baskwill A, Irvin E, Imamura M. Massage for low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;9.
4. Casagrande D, Gugala Z, Clark SM, Lindsey RW. Low Back Pain and Pelvic Girdle Pain in Pregnancy. *The Journal Of The American Academy Of Orthopaedic Surgeons*. 2015;23(9):539-49. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00248. PubMed PMID: 26271756.
5. Wu W, Meijer OG, Uegaki K, Mens J, Van Dieen J, Wuisman P, et al. Pregnancy-related pelvic girdle pain (PPP), I: Terminology, clinical presentation, and prevalence. *European Spine Journal*. 2004;13(7):575-89.
6. Albert H, Godskesen M, Westergaard J. Prognosis in four syndromes of pregnancy-related pelvic pain. *Acta obstetricia et gynecologica Scandinavica*. 2001;80(6):505-10.
7. Gutke A, Olsson CB, Völlestad N, Öberg B, Wikmar LN, Robinson HS. Association between lumbopelvic pain, disability and sick leave during pregnancy—a comparison of three Scandinavian cohorts. *Journal of rehabilitation medicine*. 2014;46(5):468-74.
8. Elden H, Lundgren I, Robertson E. Life's pregnant pause of pain: pregnant women's experiences of pelvic girdle pain related to daily life: a Swedish interview study. *Sexual & Reproductive Healthcare*. 2013;4(1):29-34.

9. Engeset J, Stuge B, Fegran L. Pelvic girdle pain affects the whole life—a qualitative interview study in Norway on women’s experiences with pelvic girdle pain after delivery. *BMC research notes*. 2014;7(1):686.
10. Owe KM, Nystad W, Bø K. Correlates of regular exercise during pregnancy: the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2009;19(5):637-45.
11. Davenport MH, McCurdy AP, Mottola MF, Skow RJ, Meah VL, Poitras VJ, et al. Impact of prenatal exercise on both prenatal and postnatal anxiety and depressive symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52(21):1376-85.
12. Davenport MH, Meah VL, Ruchat S-M, Davies GA, Skow RJ, Barrowman N, et al. Impact of prenatal exercise on neonatal and childhood outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52(21):1386-96.
13. Davenport MH, Ruchat S-M, Poitras VJ, Garcia AJ, Gray CE, Barrowman N, et al. Prenatal exercise for the prevention of gestational diabetes mellitus and hypertensive disorders of pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52(21):1367-75.
14. Ruchat S-M, Mottola MF, Skow RJ, Nagpal TS, Meah VL, James M, et al. Effectiveness of exercise interventions in the prevention of excessive gestational weight gain and postpartum weight retention: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52(21):1347-56.
15. Dehghan F, Haerian B, Muniandy S, Yusof A, Dragoo J, Salleh N. The effect of relaxin on the musculoskeletal system. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2014;24(4):e220-e9.
16. Stables D, Rankin J. *Physiology in childbearing : with anatomy and related biosciences*. 3rd ed: Edinburgh ; New York : Baillière Tindall; 2010.

17. Fitzgerald CM, Segal NA. *Musculoskeletal health in pregnancy and postpartum*. Cham: Springer International Publishing. 2015.
18. Susan T, Blackburn D. *Maternal, Fetal, & Neonatal Physiology: A Clinical Perspective*. *Qualitative Health Research*. 2007;11(6):780-94.
19. Aldabe D, Ribeiro D, Milosavljevic S, Bussey M. Pregnancy-related pelvic girdle pain and its relationship with relaxin levels during pregnancy: a systematic review. *European Spine Journal*. 2012;21(9):1769-76. doi: 10.1007/s00586-012-2162-x. PubMed PMID: 80436764.
20. Draca S. Estriol and progesterone: a new role for sex hormones. *International journal of biomedical science: IJBS*. 2006;2(4):305.
21. Peck JD, Hulka BS, Savitz DA, Baird D, Poole C, Richardson BE. Accuracy of fetal growth indicators as surrogate measures of steroid hormone levels during pregnancy. *American journal of epidemiology*. 2003;157(3):258-66.
22. Reese ME, Casey E. Hormonal influence on the neuromusculoskeletal system in pregnancy. *Musculoskeletal Health in Pregnancy and Postpartum*: Springer; 2015. p. 19-39.
23. Blackburn S. *Maternal, Fetal, & Neonatal Physiology - A Clinical Perspective*. 3rd ed: Elsevier Health Sciences; 2007.
24. Levac D, Colquhoun H, O'Brien KK. Scoping studies: advancing the methodology. *Implementation science*. 2010;5(1):69.
25. Guyatt GH, Oxman AD, Vist G, Kunz R, Brozek J, Alonso-Coello P, et al. GRADE guidelines: 4. Rating the quality of evidence—study limitations (risk of bias). *Journal of clinical epidemiology*. 2011;64(4):407-15.

26. Albert H, Godskesen M, Westergaard JG, Chard T, Gunn L. Circulating levels of relaxin are normal in pregnant women with pelvic pain. *European Journal Of Obstetrics, Gynecology, And Reproductive Biology*. 1997;74(1):19-22. PubMed PMID: 9243195.
27. Björklund K, Bergström S, Nordström ML, Ulmsten U. Symphyseal distention in relation to serum relaxin levels and pelvic pain in pregnancy. *Acta Obstetricia Et Gynecologica Scandinavica*. 2000;79(4):269-75. PubMed PMID: 10746841.
28. MacLennan AH, Nicolson R, Green RC, Bath M. Serum relaxin and pelvic pain of pregnancy. *Lancet (London, England)*. 1986;2(8501):243-5. doi: 10.1016/S0140-6736(86)92069-6. PubMed PMID: 2874277.
29. Vøllestad NK, Torjesen PA, Robinson HS. Association between the serum levels of relaxin and responses to the active straight leg raise test in pregnancy. *Manual Therapy*. 2012;17(3):225-30. doi: 10.1016/j.math.2012.01.003. PubMed PMID: 22284767.
30. Hansen A, Jensen DV, Larsen E, Wilken-Jensen C, Petersen LK. Relaxin is not related to symptom-giving pelvic girdle relaxation in pregnant women. *Acta Obstetricia Et Gynecologica Scandinavica*. 1996;75(3):245-9. PubMed PMID: 8607337.
31. Kristiansson P, Nilsson-Wikmar L, von Schoultz B, Svärdsudd K, Wramsby H. Back pain in in-vitro fertilized and spontaneous pregnancies. *Human Reproduction (Oxford, England)*. 1998;13(11):3233-8. PubMed PMID: 9853886.
32. Kristiansson P, Svärdsudd K, von Schoultz B. Serum relaxin, symphyseal pain, and back pain during pregnancy. *American Journal Of Obstetrics And Gynecology*. 1996;175(5):1342-7. PubMed PMID: 8942512.
33. Kristiansson P, Svärdsudd K, von Schoultz B. Reproductive hormones and aminoterminal propeptide of type III procollagen in serum as early markers of pelvic pain during late pregnancy.

American Journal Of Obstetrics And Gynecology. 1999;180(1 Pt 1):128-34. PubMed PMID: 9914591.

34. Petersen LK, Hvidman L, Ulbjerg N. Normal serum relaxin in women with disabling pelvic pain during pregnancy. *Gynecologic And Obstetric Investigation*. 1994;38(1):21-3. doi: 10.1159/000292438 PubMed PMID: 7959320.

35. Sjødahl J, Gutke A, Öberg B. Predictors for long-term disability in women with persistent postpartum pelvic girdle pain. *European spine journal*. 2013;22(7):1665-73.

36. Turgut F, Turgut M, Çetinşahin M. A prospective study of persistent back pain after pregnancy. *European journal of obstetrics & gynecology and reproductive biology*. 1998;80(1):45-8.

37. Stomp-van den Berg SG, Hendriksen IJ, Bruinvels DJ, Twisk JW, van Mechelen W, van Poppel MN. Predictors for postpartum pelvic girdle pain in working women: the Mom@ Work cohort study. *PAIN®*. 2012;153(12):2370-9.

38. Robinson HS, Mengshoel AM, Veierød MB, Vøllestad N. Pelvic girdle pain: potential risk factors in pregnancy in relation to disability and pain intensity three months postpartum. *Manual therapy*. 2010;15(6):522-8.

39. Bjelland E, Stuge B, Engdahl B, Eberhard-Gran M. The effect of emotional distress on persistent pelvic girdle pain after delivery: a longitudinal population study. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2013;120(1):32-40.

40. Graham JD, Clarke CL. Physiological action of progesterone in target tissues. *Endocrine reviews*. 1997;18(4):502-19.

41. Bjelland EK, Kristiansson P, Nordeng H, Vangen S, Eberhard-Gran M. Hormonal contraception and pelvic girdle pain during pregnancy: a population study of 91,721 pregnancies

in the Norwegian Mother and Child Cohort. *Human Reproduction* (Oxford, England). 2013;28(11):3134-40. doi: 10.1093/humrep/det301. PubMed PMID: 23887071.

42. Bjelland EK, Owe KM, Nordeng HME, Engdahl BL, Kristiansson P, Vangen S, et al. Does progestin-only contraceptive use after pregnancy affect recovery from pelvic girdle pain? A prospective population study. *Plos One*. 2017;12(9):e0184071-e. doi: 10.1371/journal.pone.0184071. PubMed PMID: 28892506.

43. Kumle M, Weiderpass E, Alsaker E, Lund E. Use of hormonal contraceptives and occurrence of pregnancy-related pelvic pain: a prospective cohort study in Norway. *BMC Pregnancy & Childbirth*. 2004;4:11-7. doi: 10.1186/1471-2393-4-11. PubMed PMID: 29323019.

44. Wreje U, Isacson D, Aberg H. Oral contraceptives and back pain in women in a Swedish community. *International Journal Of Epidemiology*. 1997;26(1):71-4. PubMed PMID: 9126505.

45. Lin C-WC, Haas M, Maher CG, Machado LA, Van Tulder MW. Cost-effectiveness of guideline-endorsed treatments for low back pain: a systematic review. *European Spine Journal*. 2011;20(7):1024-38.

46. Davenport MH, Marchand A-A, Mottola MF, Poitras VJ, Gray CE, Garcia AJ, et al. Exercise for the prevention and treatment of low back, pelvic girdle and lumbopelvic pain during pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2019;53(2):90-8.

Chapitre 3 – Article 2, Mechanisms underlying lumbopelvic pain during pregnancy: a proposed model

Ce chapitre inclut le deuxième article de cette thèse qui a été publié dans la revue « Frontiers in Pain Research » en 2021.

Catherine Daneau¹, Jacques Abboud², Andrée-Anne Marchand³, Mariève Houle¹, Mégane Pasquier¹, Stephanie-May Ruchat², Martin Descarreaux²

Affiliations des auteurs :

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

² Département des Sciences de l'Activité Physique, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières

³ Département de Chiropratique, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières

Contribution des auteurs :

Catherine Daneau : conception de l'étude, écriture de l'article scientifique, révision et correction de l'article scientifique, création du schéma

Jacques Abboud : écriture de l'article scientifique, révision et correction de l'article scientifique, création du schéma

Andrée-Anne Marchand : écriture de l'article scientifique, révision et correction de l'article scientifique

Mariève Houle : écriture de l'article scientifique, préparation des documents pour la soumission

Mégane Pasquier : écriture de l'article scientifique, préparation des documents pour la soumission

Stephanie-May Ruchat : conception de l'article scientifique, écriture de l'étude, révision et correction de l'article scientifique (supervision et encadrement des étudiantes)

Martin Descarreaux : conception de l'étude, écriture de l'article scientifique, révision et correction de l'article scientifique, création du schéma (supervision et encadrement des étudiantes)

Résumé

Jusqu'à 86 % des femmes enceintes vont souffrir de douleurs lombo-pelviennes au cours du troisième trimestre de grossesse. Les femmes souffrant de ce type de douleur ont une qualité de vie liée à la santé plus faible pendant la grossesse que les femmes sans douleurs lombo-pelviennes. Plusieurs facteurs de risque de douleurs lombo-pelviennes liées à la grossesse ont été identifiés, notamment les antécédents de douleur lombaire, les traumatismes antérieurs du dos ou du bassin et les douleurs antérieures de la ceinture pelvienne liées à la grossesse. Pendant la grossesse, les femmes subissent plusieurs changements hormonaux et biomécaniques ainsi que des adaptations neuromusculaires qui pourraient expliquer le développement de douleur lombo-pelvienne, mais cela demeure incertain jusqu'à présent. L'objectif de cet article est de présenter les changements et adaptations (hormonaux, biomécaniques et neuromusculaires) liés à la grossesse qui pourraient jouer un rôle dans le développement des douleurs lombo-pelviennes pendant la grossesse. Cette revue narrative présente différents mécanismes qui peuvent expliquer le développement des douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes à travers la création d'un modèle conceptuel. Ce modèle présente aussi la façon dont ces divers changements physiologiques et biomécaniques interagissent potentiellement dans le développement des douleurs lombo-pelviennes chez les femmes enceintes. Les changements hormonaux liés à la grossesse, caractérisés par une augmentation des niveaux de relaxine, d'œstrogène et de progestérone, sont potentiellement liés à l'hyperlaxité des ligaments et à l'instabilité des articulations, contribuant ainsi au développement des douleurs lombo-pelviennes. De plus, les changements biomécaniques induits par la croissance du fœtus, peuvent modifier la posture, la répartition des charges et les contraintes mécaniques dans les structures lombaires et pelviennes. Enfin, les adaptations neuromusculaires pendant la grossesse comprennent une augmentation de l'activation des muscles lombo-pelviens et une diminution de l'endurance des muscles du plancher pelvien. Il reste à déterminer s'il existe ou non un lien de causalité entre ces changements et les douleurs lombo-pelviennes. Ce modèle permet de mieux comprendre les mécanismes à l'origine du développement des douleurs lombo-pelviennes pendant la grossesse afin d'orienter les recherches futures. Il devrait permettre aux cliniciens et aux chercheurs de considérer la nature multifactorielle des douleurs lombo-pelviennes tout en tenant compte des différents changements et adaptations au cours de la grossesse.

Mots clés : changements hormonaux, changements biomécaniques, adaptations neuromusculaires, contrôle moteur, modulation de la douleur

Abstract

Up to 86% of pregnant women will have lumbopelvic pain during the 3rd trimester of pregnancy and women with lumbopelvic pain experience lower health-related quality of life during pregnancy than women without lumbopelvic pain. Several risk factors for pregnancy-related lumbopelvic pain have been identified and include history of low back pain, previous trauma to the back or pelvis and previous pregnancy-related pelvic girdle pain. During pregnancy, women go through several hormonal and biomechanical changes as well as neuromuscular adaptations which could explain the development of lumbopelvic pain, but this remains unclear. The aim of this article is to review the potential pregnancy-related changes and adaptations (hormonal, biomechanical and neuromuscular) that may play a role in the development of lumbopelvic pain during pregnancy. This narrative review presents different mechanisms that may explain the development of lumbopelvic pain in pregnant women. A hypotheses-driven model on how these various physiological changes potentially interact in the development of lumbopelvic pain in pregnant women is also presented. Pregnancy-related hormonal changes, characterized by an increase in relaxin, estrogen and progesterone levels, are potentially linked to ligament hyperlaxity and joint instability, thus contributing to lumbopelvic pain. In addition, biomechanical changes induced by the growing fetus, can modify posture, load sharing and mechanical stress in the lumbar and pelvic structures. Finally, neuromuscular adaptations during pregnancy include an increase in the activation of lumbopelvic muscles and a decrease in endurance of the pelvic floor muscles. Whether or not a causal link between these changes and lumbopelvic pain exists remains to be determined. This model provides a better understanding of the mechanisms behind the development of lumbopelvic pain during pregnancy to guide future research. It should allow clinicians and researchers to consider the multifactorial nature of lumbopelvic pain while taking into account the various changes and adaptations during pregnancy.

Keywords: hormonal changes, biomechanical changes, neuromuscular adaptations, motor control, pain modulation

Introduction

Pregnancy-related low back pain (LBP) and/or pelvic girdle pain (PGP) are very common conditions, affecting up to 86% of pregnant women in the 3rd trimester of pregnancy (1). LBP is defined as “pain or discomfort located between the 12th rib and the gluteal fold”, and PGP as “pain experienced between the posterior iliac crest and the gluteal fold” (2). When both types of pain are present, the pain is frequently referred to as lumbopelvic pain (LBPP). Despite variation in definitions, there seems to be a consensus that the term LBPP is used when no distinction is made between LBP and PGP (3). The peak of LBPP intensity generally appears between 24 and 36 weeks of pregnancy (4). Women suffering from LBPP during pregnancy will still experience LBPP beyond 3 months (33% (5)) and 12 months (25% (3, 6)) after delivery.

Usually, women experience a decrease in health-related quality of life during pregnancy, but the decrease is greater for those with LBP (7). Indeed, pregnancy-related LBPP has important consequences on daily functioning and overall well-being (8-11). Importantly, LBPP has been found to contribute to high levels of sick leave in pregnant women (8).

Hypothesis

Several potential risk factors for pregnancy-related LBP or PGP have been suggested; most of them being drawn from observational studies. Based on the exhaustive review of Verstraete et al. (12), history of LBP, previous trauma to the back or pelvis and previous pregnancy-related PGP seem to be strong risk factors for PGP during pregnancy. Two large population studies $n=74\,973$ (13) and $n=91\,721$ (14) also found that early menarche (≤ 13 years old), low maternal age (< 35 years old), high body mass index (≥ 25 kg/m²), parity, low educational level (≤ 16 years of education), the presence of LBP before the first pregnancy, emotional distress, physically demanding work and the use of oral contraceptives were associated with increased odds for PGP during pregnancy. More specifically regarding oral contraception, Bjelland et al. (14) reported that the association between combined oral contraceptive pills and PGP during pregnancy was negative for primiparae (slightly protective effect of combined oral contraceptives) and positive for multiparae (marginally increased risk of PGP). Based on sub-analyses, the authors also concluded that long duration of

exposure to a progestin intrauterine device or progestin-only oral contraceptives was associated with reduced odds of persistent pelvic girdle pain ($P_{trend} = 0.021$ and $P_{trend} = 0.005$, respectively). Conversely, long duration of exposure to progestin injections and/or a progestin implant was associated with modest increased odds of persistent pelvic girdle pain ($P_{trend} = 0.046$). Finally, the authors reported that early timing of progestin-only contraceptive dispense following delivery (<3 months) was not significantly associated with persistent pelvic girdle pain (14).

Lack of exercise in mid-pregnancy has also been suggested to be associated with higher prevalence of LBP or PGP in late pregnancy (15).

Despite the high prevalence of pregnancy-related LBPP and its significant impact on women's quality of life, the physiological and biomechanical processes underlying the development of pregnancy-related LBPP remain unclear. This might explain why optimal management strategies that are based on underlying pathophysiological mechanisms are still lacking. In this hypothesis paper, we highlight several potential pregnancy-related changes (hormonal and biomechanical) and adaptations (neuromuscular) and propose a hypotheses-driven model describing how these various physiological and biomechanical changes potentially interact in the development of LBPP in pregnant women. A better understanding of the mechanisms behind the development of LBPP during pregnancy should guide future research and lead to more effective management.

Lumbopelvic pain underlying mechanisms

Hormonal changes

Pregnancy is characterized by significant hormonal changes, such as an increase in relaxin, estrogen and progesterone levels, and it has been hypothesized that these pregnancy-related hormones are potential contributors to LBPP development and intensity (16).

In pregnant women, relaxin levels increase by the end of the 1st trimester and remain relatively high until delivery (16). The role of relaxin is to relax spinal and pelvic ligaments and joints in order to facilitate childbirth. Relaxin has been shown to increase the laxity of the pubic ligaments in guinea pigs (17). A study showed that female guinea pigs that received hormonal treatment (relaxin or relaxin + estrogen) had weaker anterior cruciate ligaments (ACL), as reflected by a lower load capacity before failure for both hormonal treatments (compared to no treatment) and an increase in tibial displacement (compared to baseline), potentially suggesting knee instability (18). A review on the effect of relaxin on human and animal musculoskeletal structures, such as ligaments, suggested that relaxin could predispose the joints to non-traumatic injury via its effect on peripheral ligament laxity (19). As such, it has been suggested that relaxin may trigger spinal and pelvic instability, potentially inducing pain (19, 20). However, based on the findings of a systematic review, the association between relaxin levels and pregnancy-related LBPP is inconsistent and the quality level of the evidence is poor (21).

Compared to relaxin, studies investigating the effect of estrogen and progesterone on ligaments property and joint instability are conflicting. During pregnancy, estrogen levels raise steeply during the 3rd trimester (22). In addition to promoting fetal growth and well-being, estrogen has an effect on several properties of the musculoskeletal tissue such as bone, cartilage and ligaments, modulates the nervous system and potentially contributes to LBPP development and intensity (16). A study conducted on human ACL specimens showed that the higher the estrogen levels, the lower the fibroblasts proliferation and synthesis of procollagen, possibly increasing ligament laxity (23). This correlation was attenuated with increased progesterone levels (23). It has also been shown that high estrogen levels in the 3rd trimester of human pregnancy were correlated with an increase in anterior translation of the tibia, suggesting an increase in ACL laxity (24). However, a study reported that estrogen levels were not different between women reporting PGP and those not reporting such pain (4).

Finally, progesterone levels increase significantly throughout pregnancy, with a peak at approximately 15 weeks (25). This hormone contributes to the relaxation of all smooth muscles during pregnancy (22), with a possible effect on LBPP development and intensity (23). To the best

of our knowledge, only one study investigated the possible association between progesterone and LBPP and reported that progesterone levels were significantly higher in the 1st trimester of pregnancy (6 to 12 weeks) among women reporting PGP compared to those reporting no pain (4).

Levels of prolactin and oxytocin also fluctuate during pregnancy and postpartum period. Prolactin, which increases in the 1st trimester, is ten times higher at the end of pregnancy (26) and plays a major role in stimulating maternal milk production (27). Oxytocin level increases during pregnancy and reaches its peak at the very end (26). Oxytocin is a stimulator of uterine contractions during childbirth (27).

Based on current evidence, relaxin, estrogen and progesterone may play a role in the development and intensity of pregnancy-related LBPP but further studies are needed to confirm this hypothesis. The role of prolactin and oxytocin remains to be investigated. The strength of correlation between hormonal status and LBPP development and intensity should be investigated through cohort studies.

Biomechanical changes

Profound biomechanical changes occur over the course of pregnancy (28). However, only a few studies investigated the association between these changes and LBPP. The most important pregnancy-related changes occur in the lower trunk and pelvic areas in response to the fetal load (29). Different kyphosis and lordosis configurations (30-37), as well as pelvic positions (30, 38, 39), have been described in response to the change in magnitude and distribution of loads acting on the spine during pregnancy. The overall increase in lumbar lordosis is generally heterogeneous and inconstant across studies. The post-partum period is also marked with variable modifications to spinal curvatures (33, 40-42) that appear to be independent of the ones observed during pregnancy. Despite this heterogeneity and inconsistency, most pregnant women experience a small absolute increase in lumbar lordosis and in LBP intensity, most commonly during the 2nd and 3rd trimesters, when the size of the fetus increases significantly and the hormonal milieu changes

markedly (31, 33, 35, 43). Although the increase in lumbar lordosis angle and in LBP intensity follow parallel trajectories throughout pregnancy, the causality in this relationship remains unclear.

Several studies have examined the association between pre-pregnancy joint hypermobility and LBPP during pregnancy, with mixed results (44-47). Some studies reported an association (44, 46, 47), with an early study (44) showing a very strong relation between degree of symphyseal laxity and the risk for pelvic girdle pain during post-partum. However, a study with smaller sample size, found no association (45). Other authors suggested that pain could be explained by an asymmetric laxity of the sacro-iliac joints rather than by an increase in joint laxity per se (48). The joint laxity hypothesis is further emphasized by the fact that a possible cumulative effect exists as multiparity is a risk factor for PGP during pregnancy (13, 49).

Furthermore, sustained strain of pelvic structures and muscle weakness are believed to decrease mechanical force closure of the sacro-iliac joints, negatively influencing load transfer (50). Such proposed reduction in load transfer abilities are coherent with findings of altered gait pattern, including longer double limb support, shorter step length and less pelvic and hip movement, in women with pregnancy-related PGP (51-53). As previously mentioned, previous trauma to the back or pelvis area have been reported to be strong predictors of LBPP during pregnancy (12, 49) potentially leading to muscular imbalances and joint misalignments, which in turn could be aggravated by pregnancy-related anatomical changes (49). Finally, pregnancy-related morphological changes related to the bone structures of the pelvis, including increased pubic symphysis width and inter-ischial tuberosity distance, have been proposed as potential contributors to PGP (54-56).

Neuromuscular adaptations

Evidence suggesting motor control and neuromuscular adaptations during pregnancy and a possible link with LBPP is scarce, but some “patterns” of adaptations seem to be more consistent across studies (54). Several studies have identified an increased activation of lumbopelvic muscles during pregnancy. During a trunk flexion-extension task, pregnant women without LBPP show a

significant increase in erector spinae muscle activation during the active flexion and the static full flexion phases of movement (57). Erector spinae and biceps femoris activity also seems to increase in upright posture in pregnant women compared to non-pregnant women (40). Compared to pregnant women without LBPP, those with LBPP have increased rectus femoris, abdominal obliques, psoas major and adductor longus activities during active straight leg raising test (ASLR) (58) as well as increased intravaginal muscle activation during simulated pushing contractions (59). Stuge et al. (2013) also reported a smaller levator hiatus (a proxy measure of pelvic floor muscle activation) at rest, during voluntary contractions and contraction associated to ASLR in women with PGP compared to those without PGP (60). Interestingly, an early study showed that pain intensity and erector spinae muscle activation were correlated in the 1st trimester of pregnancy, potentially suggesting a dose-response relationship (61).

Despite no clear evidence of neuromuscular manifestation of muscle fatigue, decrease endurance of the pelvic floor muscles, as well as an increased perineal tonus, have been reported in association with pregnancy-related PGP (50, 59, 62). Moreover, women with PGP and/or combined PGP and LBP were shown to have lower trunk muscle endurance (52).

Interestingly, two recently published studies (40, 57) reported that changes in trunk and lower limb muscle activation during upright standing and flexion-extension movements of the trunk are similar before and after pregnancy, suggesting progressive short-term neuromuscular adaptations during pregnancy that appear to rapidly fade following delivery. Reversibility in neuromuscular adaptations that occur during pregnancy is also supported by an earlier study indicating that reduced trunk ranges of motion during pregnancy return to pre-pregnancy values during the postpartum period (57).

Pain modulation

Central and peripheral sensitization have both been suggested to play a role in chronic pain conditions such as non-specific LBP and may increase the risk of a persistent pain. Physiological mechanisms leading to enhanced pain sensitivity have been thoroughly investigated and include

sensitization of nociceptors and neuronal circuits (63), increased pain signaling through membrane excitability and synaptic efficacy, and inadequate descending pain inhibition mechanisms (64, 65). Whether or not these pain sensitization mechanisms play a significant role in the development and persistence of LBPP remains to be determined.

It has been consistently reported that women and men experience pain differently (66, 67). Women usually have a lower pain threshold and the cortical regions responsible for the affective component of pain show a higher brain activity (68). Prolonged pain can lead to central sensitization, which is also more present in women and mainly observed in women suffering from deep tissue pain (68). Differences in hormone levels between men and women represent the most important factor of these pain modulation disparities.

During pregnancy, changes in sex hormones, and the immune system improves to support the growing fetus (69). Sex hormones seem to play a role in pain modulation. Indeed, in non-pregnant women, it has been shown that an increase in estrogen levels correlates with a higher risk of LBP occurrence (70). During pregnancy, estrogen levels raise and have been hypothesized to contribute to LBPP development and intensity. Nevertheless, it has been suggested that hormone variations in pregnant women cannot be considered the sole contributor to anti-nociceptive or pro-nociceptive responses.

Interestingly, in female already living with chronic pain before becoming pregnant, an attenuation of pain symptoms has been observed during pregnancy. This adaptation refers to the pregnancy-induced analgesia phenomenon. This phenomenon has been reported for acute, as well as chronic, pain in pregnant animals and is dependent on various factors, such as variation in pregnancy-related hormone levels, the activation of cells of the immune system (T cells), and the release of δ -opioid (71, 72). However, the pregnancy-induced analgesia phenomenon is not always observed in humans. Studies have highlighted a progressive increase in pain threshold and tolerance in pregnant women compared to non-pregnant women (73, 74) while other studies failed to find such a pain adaptation (74-78). It has also been reported that widespread deep-tissue pressure hypersensitivity

is higher and increased in pregnant women who experienced either low or high levels of LBPP compared to pain-free non-pregnant women (79). The discrepancy between animal and human studies on pain modulation could be explained by different factors, such as differences in pain threshold, location of the painful stimulus, age, medication and psychological aspects (fear-avoidance and catastrophizing of pain (80, 81)) which are more prevalent in humans (82).

At 4 to 8 weeks after delivery, an increase in hormone levels (i.e. estrogen and progesterone) has been observed in comparison to the last weeks of pregnancy (83). However, this hormone change does not seem to affect the pain modulation as similar heat pain threshold and tolerance in the upper limb were observed in postpartum women compared to pregnant (75) (and non-pregnant women (84)). Yet, another study showed that postpartum women were more sensitive to pain at the rectus abdominis muscle than non-pregnant women (85). Conversely, lower capsaicin-evoked upper limb pain has been shown in postpartum women compared to non-pregnant women (84). Such postpartum analgesic phenomenon may be explained by oxytocin released into the systemic circulation and central nervous system, as evidenced by increased concentrations in cerebrospinal fluid during labor (86). Oxytocin may therefore play a role in pain modulation through reduced sensitization or enhanced inhibition mechanisms (84).

Discussion

The past decades have seen a significant growth in mechanistic research aimed at investigating the physiological processes involved in the development and chronification of LBP. Although uncertainties persist, our understanding of biomechanical, motor control and neuromuscular adaptations to LBP has greatly improved and we now know that changes in motor behavior associated to LBP involve complex (87, 88) and most likely non-stereotypical “adaptive strategies” (89). Overall, LBP triggers adaptations at multiple levels of the motor system (87) which involves a redistribution of muscular activity within and between muscles as well as numerous changes in mechanical behaviors. According to “the new pain adaptation theory” proposed by Hodges and Tucker, and largely inspired by LBP research, the changes observed in the motor system occur in response to pain and are tailored to protect from further pain or re-injury, but also entail possible

long-term adverse consequences. Whether pregnancy-related LBPP and non-specific LBP share similar underlying physiological mechanisms is still up for debate but the fact that pregnant women go through several physical and biomechanical adaptations in a relatively short period of time is unmistakable.

Similarly to LBP, LBPP is a complex and multifaceted condition for which underlying mechanisms remain elusive. The development and evolution of LBPP during and following pregnancy are probably dictated by complex interactions between risks factors, physiological processes and other contextual factors. The following theoretical model will hopefully provide some insights into these complex interactions and guide the design and interpretation of both mechanistic and clinical research. The model, shown in Fig 15, postulates that every pregnant woman can have a varying number of LBPP risk factors. During pregnancy, women will undergo several changes and adaptations that can be potentially mediated by other individual characteristics and biological mechanisms such as changes in pain modulation. Interactions between these various changes and adaptations remain mostly to be investigated. Our research team is currently conducting a prospective laboratory study which aims to characterize the evolution of neuromechanical (lumbar muscle activity and kinematic), physiological (pregnancy-related hormones) and clinical (pain intensity and disability) changes at all pregnancy trimesters.

The fact that the several physiological changes occurring during pregnancy, including motor behaviors and neuromuscular control, are not systematically associated to LBPP (or the threat of LBPP) suggests that motor adaptations during pregnancy may precede LBPP. However, one must not forget that previous history of LBP is one of the most powerful LBPP predictor. Following delivery, women fully or partially return to pre pregnancy hormonal, biomechanical and neuromuscular state and may or may not experience persistent or recurring LBPP in the post-partum period. Whether or not recovering from pregnancy-related changes and adaptations can explain persisting LBPP remains to be investigated.

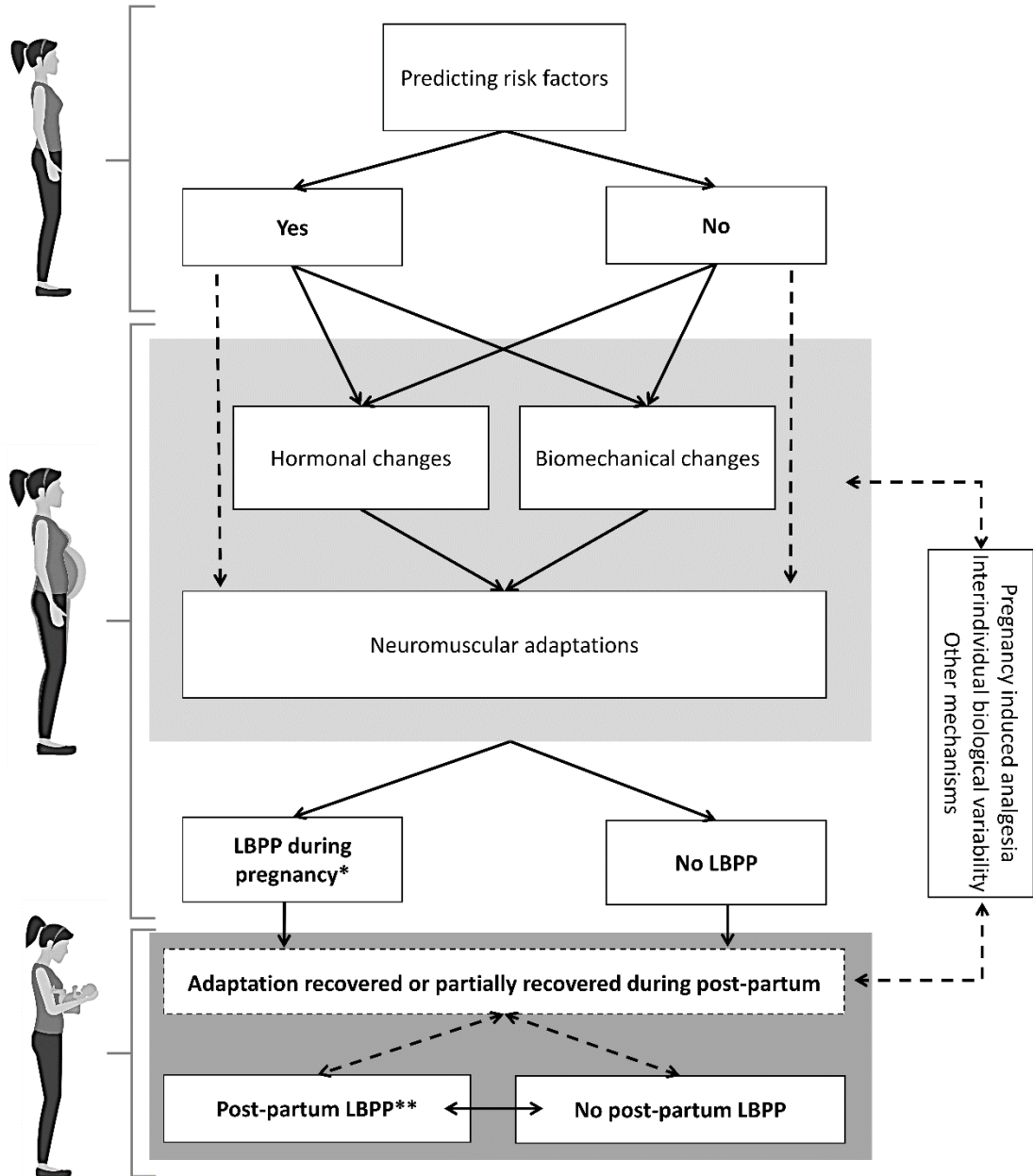


Figure 15. – This model presents the potential pregnancy-related hormonal and biomechanical changes as well as neuromuscular adaptations that may play a role in the development and intensity of lumbopelvic pain (LBPP) in pregnant women.

Dotted arrows indicate potential modulating factors or hypothetical relationship between two boxes. *: The peak of LBPP intensity generally appears between 24 and 36 weeks of pregnancy (4). **: Women suffering from LBPP during pregnancy will still experience LBPP beyond 3 months (33% (5)) and 12 months (25% (3, 6)) after delivery.

Conclusion

In conclusion, we proposed a model for underlying causes of LBPP that should allow clinicians and researchers to consider the multifactorial nature of LBPP and the potentially competing mechanisms (biomechanical, hormonal and neuromuscular processes) as well as their interactions. It also considers and weighs in current evidence to guide future research. Future research should include observational studies conducted to determine the potential role of individual and combined physical and physiological adaptations in the development of LBPP in pregnant women.

References

1. Gutke A, Boissonnault J, Brook G, Stuge B. The Severity and Impact of Pelvic Girdle Pain and Low-Back Pain in Pregnancy: A Multinational Study. *J Womens Health (Larchmt)*. 2018;27(4):510-7.
2. Vleeming A, Albert HB, Ostgaard HC, Sturesson B, Stuge B. European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2008;17(6):794-819.
3. Wu WH, Meijer OG, Uegaki K, Mens JM, van Dieen JH, Wuisman PI, et al. Pregnancy-related pelvic girdle pain (PPP), I: Terminology, clinical presentation, and prevalence. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2004;13(7):575-89.
4. Kristiansson P, Svardsudd K, von Schoultz B. Reproductive hormones and aminoterminal propeptide of type III procollagen in serum as early markers of pelvic pain during late pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*. 1999;180(1 Pt 1):128-34.
5. Gutke A, Lundberg M, Ostgaard HC, Oberg B. Impact of postpartum lumbopelvic pain on disability, pain intensity, health-related quality of life, activity level, kinesiophobia, and depressive symptoms. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2011;20(3):440-8.
6. Albert H, Godsken M, Westergaard J. Prognosis in four syndromes of pregnancy-related pelvic pain. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2001;80(6):505-10.
7. Olsson C, Nilsson-Wikmar L. Health-related quality of life and physical ability among pregnant women with and without back pain in late pregnancy. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2004;83(4):351-7.

8. Mogren I. Perceived health, sick leave, psychosocial situation, and sexual life in women with low-back pain and pelvic pain during pregnancy. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2006;85(6):647-56.
9. Elden H, Lundgren I, Robertson E. Life's pregnant pause of pain: pregnant women's experiences of pelvic girdle pain related to daily life: a Swedish interview study. *Sexual & reproductive healthcare : official journal of the Swedish Association of Midwives*. 2013;4(1):29-34.
10. Gutke A, Ostgaard HC, Oberg B. Pelvic girdle pain and lumbar pain in pregnancy: a cohort study of the consequences in terms of health and functioning. *Spine*. 2006;31(5):E149-55.
11. Owe KM, Nystad W, Bo K. Correlates of regular exercise during pregnancy: the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2009;19(5):637-45.
12. Verstraete EH, Vanderstraeten G, Parewijck W. Pelvic Girdle Pain during or after Pregnancy: a review of recent evidence and a clinical care path proposal. *Facts, views & vision in ObGyn*. 2013;5(1):33-43.
13. Bjelland EK, Eberhard-Gran M, Nielsen CS, Eskild A. Age at menarche and pelvic girdle syndrome in pregnancy: a population study of 74 973 women. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology*. 2011;118(13):1646-52.
14. Bjelland EK, Kristiansson P, Nordeng H, Vangen S, Eberhard-Gran M. Hormonal contraception and pelvic girdle pain during pregnancy: a population study of 91,721 pregnancies in the Norwegian Mother and Child Cohort. *Hum Reprod*. 2013;28(11):3134-40.

15. Gjestland K, Bo K, Owe KM, Eberhard-Gran M. Do pregnant women follow exercise guidelines? Prevalence data among 3482 women, and prediction of low-back pain, pelvic girdle pain and depression. *British journal of sports medicine*. 2013;47(8):515-20.
16. Reese ME, Casey E. Hormonal influence on the neuromusculoskeletal system in pregnancy. In: CM F, NA S, editors. *Musculoskeletal health in pregnancy and postpartum: an evidence-based guide for clinicians*: Springer; 2015. p. 19-34.
17. Hisaw FL, Zarrow MX. The physiology of relaxin. *Vitamins and hormones*. 1950;8:151-78.
18. Dragoo JL, Padrez K, Workman R, Lindsey DP. The effect of relaxin on the female anterior cruciate ligament: Analysis of mechanical properties in an animal model. *The Knee*. 2009;16(1):69-72.
19. Dehghan F, Haerian BS, Muniandy S, Yusof A, Dragoo JL, Salleh N. The effect of relaxin on the musculoskeletal system. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2014;24(4):e220-9.
20. MacLennan AH, Nicolson R, Green RC, Bath M. Serum relaxin and pelvic pain of pregnancy. *Lancet*. 1986;2(8501):243-5.
21. Aldabe D, Ribeiro DC, Milosavljevic S, Dawn Bussey M. Pregnancy-related pelvic girdle pain and its relationship with relaxin levels during pregnancy: a systematic review. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2012;21(9):1769-76.
22. Stables D, Rankin J. *Physiology in childbearing : with anatomy and related biosciences*. 3rd ed: Edinburgh ; New York : Baillière Tindall; 2010.

23. WD Y, Panossian V, Hatch JD, Liu SH, Finerman GA. Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2001;383:268-81.
24. Charlton WP, Coslett-Charlton LM, Ciccotti MG. Correlation of estradiol in pregnancy and anterior cruciate ligament laxity. *Clinical orthopaedics and related research*. 2001(387):165-70.
25. Blackburn S. *Maternal, Fetal, & Neonatal Physiology - A Clinical Perspective*. 3rd ed: Elsevier Health Sciences; 2007.
26. Soma-Pillay P, Nelson-Piercy C, Tolppanen H, Mebazaa A. Physiological changes in pregnancy: review articles. *Cardiovascular journal of Africa*. 2016;27(2):89-94.
27. Rankin J. *Physiology in childbearing : with anatomy and related biosciences*. 4rd ed: Edinburgh ; New York : Baillière Tindall; 2017.
28. Conder R, Zamani R, Akrami M. The Biomechanics of Pregnancy: A Systematic Review. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2019;4(4):72.
29. Whitcome KK, Shapiro LJ, Lieberman DE. Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins. *Nature*. 2007;450(7172):1075-8.
30. Betsch M, Wehrle R, Dor L, Rapp W, Jungbluth P, Hakimi M, et al. Spinal posture and pelvic position during pregnancy: a prospective rasterstereographic pilot study. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2015;24(6):1282-8.
31. Franklin ME, Conner-Kerr T. An analysis of posture and back pain in the first and third trimesters of pregnancy. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1998;28(3):133-8.

32. Glinkowski WM, Tomasiak P, Walesiak K, Gluszek M, Krawczak K, Michonowski J, et al. Posture and low back pain during pregnancy - 3D study. *Ginekologia polska*. 2016;87(8):575-80.
33. Moore K, Dumas GA, Reid JG. Postural changes associated with pregnancy and their relationship with low-back pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1990;5(3):169-74.
34. Schroder G, Kundt G, Otte M, Wendig D, Schober HC. Impact of pregnancy on back pain and body posture in women. *Journal of physical therapy science*. 2016;28(4):1199-207.
35. Yoo H, Shin D, Song C. Changes in the spinal curvature, degree of pain, balance ability, and gait ability according to pregnancy period in pregnant and nonpregnant women. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(1):279-84.
36. Nicholls JA, Grieve DW. Posture, performance and discomfort in pregnancy. *Applied ergonomics*. 1992;23(2):128-32.
37. Okanishi N, Kito N, Akiyama M, Yamamoto M. Spinal curvature and characteristics of postural change in pregnant women. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2012;91(7):856-61.
38. McCrory JL, Chambers AJ, Daftary A, Redfern MS. The pregnant "waddle": an evaluation of torso kinematics in pregnancy. *Journal of biomechanics*. 2014;47(12):2964-8.
39. Krkeljas Z. Changes in gait and posture as factors of dynamic stability during walking in pregnancy. *Hum Mo Sci*. 2018;58:315-20.
40. Bivia-Roig G, Lison JF, Sanchez-Zuriaga D. Changes in trunk posture and muscle responses in standing during pregnancy and postpartum. *PloS one*. 2018;13(3):e0194853.

41. Catena RD, Campbell N, Wolcott WC, Rothwell SA. Anthropometry, standing posture, and body center of mass changes up to 28 weeks postpartum in Caucasians in the United States. *Gait & posture*. 2019;70:196-202.
42. Gilleard WL, Crosbie J, Smith R. Static trunk posture in sitting and standing during pregnancy and early postpartum. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2002;83(12):1739-44.
43. Dumas GA, Reid JG, Wolfe LA, Griffin MP, McGrath MJ. Exercise, posture, and back pain during pregnancy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1995;10(2):98-103.
44. Berezin D. Pelvic insufficiency during pregnancy and after parturition: a clinical study. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 1954;33(sup3):1-119.
45. Bjorklund K, Nordstrom ML, Bergstrom S. Sonographic assessment of symphyseal joint distention during pregnancy and post partum with special reference to pelvic pain. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 1999;78(2):125-30.
46. Mogren IM. BMI, pain and hyper-mobility are determinants of long-term outcome for women with low back pain and pelvic pain during pregnancy. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2006;15(7):1093-102.
47. Mogren IM, Pohjanen AI. Low back pain and pelvic pain during pregnancy: prevalence and risk factors. *Spine*. 2005;30(8):983-91.
48. Damen L, Buyruk HM, Guler-Uysal F, Lotgering FK, Snijders CJ, Stam HJ. Pelvic pain during pregnancy is associated with asymmetric laxity of the sacroiliac joints. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2001;80(11):1019-24.

49. Albert HB, Godskesen M, Korsholm L, Westergaard JG. Risk factors in developing pregnancy-related pelvic girdle pain. *Acta obstetricia et gynecologica Scandinavica*. 2006;85(5):539-44.
50. Pool-Goudzwaard AL, Vleeming A, Stoeckart R, Snijders CJ, Mens JM. Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain. *Manual therapy*. 1998;3(1):12-20.
51. Christensen L, Veierod MB, Vollestad NK, Jakobsen VE, Stuge B, Cabri J, et al. Kinematic and spatiotemporal gait characteristics in pregnant women with pelvic girdle pain, asymptomatic pregnant and non-pregnant women. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019;68:45-52.
52. Gutke A, Ostgaard HC, Oberg B. Association between muscle function and low back pain in relation to pregnancy. *Journal of rehabilitation medicine*. 2008;40(4):304-11.
53. Kerbourc'h F, Bertuit J, Feipel V, Rooze M. Pregnancy and Pelvic Girdle Pain Analysis of Center of Pressure During Gait. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2017;107(4):299-306.
54. Aldabe D, Milosavljevic S, Bussey MD. Is pregnancy related pelvic girdle pain associated with altered kinematic, kinetic and motor control of the pelvis? A systematic review. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2012;21(9):1777-87.
55. Ji X, Morino S, Iijima H, Ishihara M, Kawagoe M, Umezaki F, et al. The Association of Variations in Hip and Pelvic Geometry With Pregnancy-Related Sacroiliac Joint Pain Based on a Longitudinal Analysis. *Spine*. 2019;44(2):E67-E73.
56. To WW, Wong MW. Back pain symptoms and bone mineral density changes in pregnancy as measured by quantitative ultrasound. *Gynecologic and obstetric investigation*. 2009;67(1):36-41.

57. Bivia-Roig G, Lison JF, Sanchez-Zuriaga D. Effects of pregnancy on lumbar motion patterns and muscle responses. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2019;19(2):364-71.
58. de Groot M, Pool-Goudzwaard AL, Spoor CW, Snijders CJ. The active straight leg raising test (ASLR) in pregnant women: differences in muscle activity and force between patients and healthy subjects. *Manual therapy*. 2008;13(1):68-74.
59. Pool-Goudzwaard AL, Sliker ten Hove MC, Vierhout ME, Mulder PH, Pool JJ, Snijders CJ, et al. Relations between pregnancy-related low back pain, pelvic floor activity and pelvic floor dysfunction. *International urogynecology journal and pelvic floor dysfunction*. 2005;16(6):468-74.
60. Stuge B, Saetre K, Ingeborg Hoff B. The automatic pelvic floor muscle response to the active straight leg raise in cases with pelvic girdle pain and matched controls. *Manual therapy*. 2013;18(4):327-32.
61. Sihvonen T, Huttunen M, Makkonen M, Airaksinen O. Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1998;79(10):1210-2.
62. Stuge B, Saetre K, Braekken IH. The association between pelvic floor muscle function and pelvic girdle pain--a matched case control 3D ultrasound study. *Manual therapy*. 2012;17(2):150-6.
63. Gold M, Gebhart G. Peripheral pain mechanisms and nociceptor sensitization. *Bonica's pain management: Lippincott Williams & Wilkins (LWW)*; 2010. p. 25-34.
64. Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. Assessment of mechanisms in localized and widespread musculoskeletal pain. *Nature Reviews Rheumatology*. 2010;6(10):599-606.

65. Jankowski MP, Koerber HR. Neurotrophic factors and nociceptor sensitization. *Translational pain research: from mouse to man.* 2010;31:50.
66. Melchior M, Poisbeau P, Gaumond I, Marchand S. Insights into the mechanisms and the emergence of sex-differences in pain. *Neuroscience.* 2016;338:63-80.
67. Popescu A, LeResche L, Truelove EL, Drangsholt MT. Gender differences in pain modulation by diffuse noxious inhibitory controls: a systematic review. *Pain.* 2010;150(2):309-18.
68. Traub RJ, Ji Y. Sex differences and hormonal modulation of deep tissue pain. *Frontiers in neuroendocrinology.* 2013;34(4):350-66.
69. Saito S, Nakashima A, Shima T, Ito M. Th1/Th2/Th17 and regulatory T-cell paradigm in pregnancy. *Am J Reprod Immunol.* 2010;63(6):601-10.
70. Amandusson Å, Blomqvist A. Estrogenic influences in pain processing. *Frontiers in neuroendocrinology.* 2013;34(4):329-49.
71. Gintzler AR. Endorphin-mediated increases in pain threshold during pregnancy. *Science.* 1980;210(4466):193-5.
72. Jarvis S, McLean KA, Chirnside J, Deans LA, Calvert SK, Molony V, et al. Opioid-mediated changes in nociceptive threshold during pregnancy and parturition in the sow. *Pain.* 1997;72(1-2):153-9.
73. Ohel I, Walfisch A, Shitenberg D, Sheiner E, Hallak M. A rise in pain threshold during labor: a prospective clinical trial. *Pain.* 2007;132 Suppl 1:S104-8.

74. Dunbar AH, Price DD, Newton RA. An assessment of pain responses to thermal stimuli during stages of pregnancy. *Pain*. 1988;35(3):265-9.
75. Carvalho B, Granot M, Sultan P, Wilson H, Landau R. A Longitudinal Study to Evaluate Pregnancy-Induced Endogenous Analgesia and Pain Modulation. *Regional anesthesia and pain medicine*. 2016;41(2):175-80.
76. Goolkasian P, Rimer BA. Pain reactions in pregnant women. *Pain*. 1984;20(1):87-95.
77. Rejano-Campo M, Desvergee A, Pizzoferrato AC. Relationship between perineal characteristics and symptoms and pelvic girdle pain: A literature review. *Progres en urologie : journal de l'Association francaise d'urologie et de la Societe francaise d'urologie*. 2018;28(4):193-208.
78. Staikou C, Siafaka I, Petropoulos G, Katafigioti A, Fassoulaki A. Responses to mechanical and electrical stimuli are not attenuated by late pregnancy. *Acta anaesthesiologica Belgica*. 2006;57(3):277-81.
79. Palsson TS, Beales D, Slater H, O'Sullivan P, Graven-Nielsen T. Pregnancy is characterized by widespread deep-tissue hypersensitivity independent of lumbopelvic pain intensity, a facilitated response to manual orthopedic tests, and poorer self-reported health. *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*. 2015;16(3):270-82.
80. Olsson C, Buer N, Holm K, Nilsson-Wikmar L. Lumbopelvic pain associated with catastrophizing and fear-avoidance beliefs in early pregnancy. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*. 2009;88(4):378-85.
81. Fakari FR, Simbar M, Naz MSG. The relationship between fear-avoidance beliefs and pain in pregnant women with pelvic girdle pain: A cross-sectional study. *Int J Community Based Nurs Midwifery*. 2018;6(4):305.

82. Greenspan JD, Craft RM, LeResche L, Arendt-Nielsen L, Berkley KJ, Fillingim RB, et al. Studying sex and gender differences in pain and analgesia: a consensus report. *Pain*. 2007;132 Suppl 1:S26-45.
83. Frolich MA, Banks C, Warren W, Robbins M, Ness T. The Association Between Progesterone, Estradiol, and Oxytocin and Heat Pain Measures in Pregnancy: An Observational Cohort Study. *Anesthesia and analgesia*. 2016;123(2):396-401.
84. Street LM, Harris L, Curry RS, Eisenach JC. Capsaicin-induced pain and sensitisation in the postpartum period. *British journal of anaesthesia*. 2019;122(1):103-10.
85. Deering R, Pashibin T, Cruz M, Hunter SK, Hoeger Bement M. Fatiguing Trunk Flexor Exercise Decreases Pain Sensitivity in Postpartum Women. *Frontiers in physiology*. 2019;10:315.
86. Gutierrez S, Liu B, Hayashida K-i, Houle TT, Eisenach JC. Reversal of peripheral nerve injury-induced hypersensitivity in the postpartum period: role of spinal oxytocin. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 2013;118(1):152-9.
87. Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*. 2011;152(3 Suppl):S90-8.
88. Hodges PW. Pain and motor control: From the laboratory to rehabilitation. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2011;21(2):220-8.
89. Hodges PW, Coppeters MW, MacDonald D, Cholewicki J. New insight into motor adaptation to pain revealed by a combination of modelling and empirical approaches. *Eur J Pain*. 2013;17(8):1138-46.

Chapitre 4 – Article 3, Evolution of Neuromechanical, Physiological and Clinical Changes in all Trimesters of Pregnancy: a Prospective Cohort Study

Ce chapitre inclut le troisième article de cette thèse qui sera soumis dans la revue « Journal of Electromyography and Kinesiology » dans les prochains mois (2023).

Catherine Daneau^a, François Nougrou^b, Jacques Abboud^c, Stephanie-May Ruchat^c, Martin Descarreaux^c

Affiliations des auteurs :

aDepartment of Anatomy, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada

b Department of Electrical and Computer Engineering, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada

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

Contribution des auteurs :

Catherine Daneau : demande éthique, conception de l'étude, recrutement des participantes, collecte des données, traitement et analyses des données, écriture de l'article scientifique, diffusion des résultats

François Nougarou : traitement des données

Jacques Abboud : révision de l'article scientifique

Stephanie-May Ruchat : supervision et encadrement de l'étudiante dans la demande éthique, conception de l'étude, collecte des données, analyse des données, écriture de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Martin Descarreaux : supervision et encadrement de l'étudiante dans la demande éthique, conception de l'étude, collecte des données, analyse des données, écriture de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Résumé

Pendant la grossesse, l'augmentation des niveaux hormonaux contribue à la laxité ligamentaire du bassin et peut prédisposer à la douleur lombo-pelvienne (DLP). L'objectif principal de cette étude était de comparer l'évolution des hormones liées à la grossesse, des adaptations neuromécaniques et de la douleur clinique tout au long de la grossesse. Un second objectif exploratoire était d'étudier la possible corrélation entre ces variables. Vingt-huit femmes enceintes ont participé à l'étude. À chaque trimestre, elles ont fourni un échantillon de sang (relaxine, œstrogène et progestérone), ont rempli des questionnaires évaluant leur état clinique et ont été invitées à effectuer une tâche de flexion-relaxation (FRP). Les résultats ont montré que l'intensité de la DLP nocturne et diurne, l'incapacité physique, le risque de mauvais pronostic de DLP ainsi que les comportements d'évitement ont augmenté, tandis que le catastrophisme face à la douleur a diminué tout au long de la grossesse. Les caractéristiques neuromécaniques de la FRP, y compris l'activité musculaire de la région lombaire et la cinématique du tronc, étaient similaires tout au long des trois trimestres. Les associations suivantes ont été trouvées : l'incapacité physique était positivement corrélée au niveau d'œstrogène (changements entre le premier et le deuxième trimestre), tandis que l'œstrogène et l'intensité diurne des DLP étaient positivement corrélés à l'œstrogène (changement entre le deuxième et le troisième trimestre). Ces résultats montrent que chez les femmes enceintes avec et sans DLP, les caractéristiques neuromécaniques du tronc lors de la FRP sont similaires tout au long de la grossesse et surtout non corrélées aux changements cliniques et hormonaux. Ces résultats suggèrent que la FRP peut ne pas être une méthode appropriée pour étudier la stabilité vertébrale et pelvienne chez les femmes enceintes.

Mots-clés : femmes enceintes, relaxine, œstrogène, progestérone, douleur lombo-pelvienne, électromyographie, cinématique.

Abstract

During pregnancy, increased hormonal levels contribute to ligamentous laxity of the pelvic girdle and could predispose to lumbopelvic pain (LBPP). The main objective of this study was to compare the evolution of pregnancy-related hormones, neuromechanical adaptations and clinical pain throughout pregnancy. A second exploratory objective was to study the possible correlation between those variables. Twenty-eight pregnant women participated in the study. Each trimester, they provided a blood sample (relaxin, estrogen and progesterone), completed questionnaires assessing clinical status, and were asked to perform a flexion-relaxation task (FRP). Results showed that nocturnal and diurnal LBPP intensity, disability, risk of poor LBPP prognosis as well as avoidance behaviors increased, while pain catastrophizing decreased throughout pregnancy. Neuromechanical characteristics of FRP, including low back muscle activity and trunk kinematics, were similar throughout the three trimesters. The following associations were found: disability was positively correlated to estrogen levels (changes between first and second trimester), whereas estrogen and diurnal LBPP intensity were positively correlated (change between second and third trimester). These results show that, in pregnant women with and without LBPP, trunk neuromechanical characteristics during FRP are similar throughout pregnancy and mostly uncorrelated to clinical and hormonal changes. These results suggest that the FRP may not be an appropriate proxy to study vertebral and pelvic stability in pregnant women.

Keywords: pregnant women, relaxin, estrogen, progesterone, lumbopelvic pain, electromyography, kinematic

Introduction

Pregnancy is characterized by multiple adaptations including anatomical, biomechanical, or physiological changes over a relatively short period of time, which challenges the women's body, sometimes leading to pain and associated disability in the lumbar and pelvic region. Pain felt in both regions is called lumbopelvic pain (LBPP) (Vleeming, Albert, Östgaard, Stureson, & Stuge, 2008). A recent observational pilot study, which aimed to determine the prevalence of low back pain (LBP), pelvic girdle pain (PGP) and LBPP among 287 pregnant women showed that the prevalence of those three "lower back" conditions increases throughout pregnancy (Weis et al., 2018).

Physiological changes during pregnancy include the fluctuation of different hormones such as relaxin, estrogen, progesterone, prolactin, oxytocin, growth hormones and parathyroid hormone levels. These hormones all have a specific impact on the woman's body. During pregnancy, relaxin levels peak in the first trimester (Blackburn, 2018) and increase the pelvic girdle ligamentous laxity as well as the laxity of ligaments in the entire body (Vleeming et al., 2008). A study conducted in guinea pigs showed that hormonal administration of relaxin or a combination of relaxin and estrogen showed an increase in tibial displacement (12.8% and 13.6% respectively), compared to pre-hormonal administration (Dragoo, Padrez, Workman, & Lindsey, 2009). Two other hormones, estrogen and progesterone, reach their peak levels at the end of the pregnancy (Blackburn, 2018), and also have a similar impact on ligamentous laxity (Reese & Casey, 2015). These ligament changes can lead to increased instability in the lumbar and pelvic region (Dehghan et al., 2014).

Women are also exposed to biomechanical adaptations throughout their pregnancy, which could modify their lumbar and pelvic region. Lumbopelvic stability in pregnant women is ensured by a complex system including a passive component (bones, ligaments, tendons, cartilages), an active structures (muscles) and the nervous system which provides the sensory, motor, and central integration and process components involved in maintaining (functional joint stability) (Panjabi, 1992; Riemann & Lephart, 2002). In the neutral position, the stability of the lumbopelvic girdle is mainly ensured by trunk muscles, whereas the contribution of both the active and passive structures

will provide the required stability of the lumbar and pelvic regions during flexion, extension, rotation and torsion of the trunk. The passive structures are the main structures providing stability to the lumbopelvic joint as it approaches a full range of motion (Panjabi, 1992). Although most studies investigating lumbopelvic stability have not been conducted in pregnant women, the increased motion of the pelvic joints and pubic symphysis seems to play a role in the pathogenesis of LBPP (Mens, Pool-Goudzwaard, & Stam, 2009). The flexion-relaxation phenomenon (FRP) has been identified in the literature as a method to evaluate the complex interaction between the different components of spinal stability. The FRP is defined as a silencing of myoelectric activity of the lumbar erector spinae muscles during full-trunk flexion (Colloca & Hinrichs, 2005). It is considered a robust and reproducible neuromuscular response, which has been identified in most healthy individual, including pregnant women (Sihvonen, Huttunen, Makkonen, & Airaksinen, 1998). This neuromuscular response is likely triggered by increased mechanical loads in the ligaments and discs of the lumbar spine (Holm, Indahl, & Solomonow, 2002). The amplitude of electromyography (EMG) responses and kinematics characterizing FRP can be influenced by several factors including loading of the trunk (Gupta, 2001), lumbopelvic posture (Callaghan & Dunk, 2002; Gupta, 2001), angular trunk velocity (Sarti, Lison, Monfort, & Fuster, 2001), task repetition (Olson, Li, & Solomonow, 2004) and muscular fatigue (Descarreaux, Lafond, & Cantin, 2010; Descarreaux, Lafond, Jeffrey-Gauthier, Centomo, & Cantin, 2008). Most importantly, persistent activation of the lumbar erector spinae muscles during a full trunk flexion is typically observed in individuals with LBP, a protective “splinting” response to increase lumbar stabilization in response to pain or tissue injury (Gouteron et al., 2021; Lund, Donga, Widmer, & Stohler, 1991; Sihvonen, 1997). Thus, because of its high ecological value and its well-documented reproducibility (Watson, Booker, Main, & Chen, 1997), the FRP is considered to be an interesting experimental model to assess the various processes underlying trunk muscle adaptation and changes in stability during pregnancy.

Only a few studies have investigated the effect of pregnancy on the FRP. In the third trimester, healthy pregnant women show a decreased trunk flexion and higher erector spinae EMG amplitude during trunk flexion, compared to nulliparous women (Biviá-Roig, Lisón, & Sánchez-Zuriaga, 2019). A study conducted by Sihvonen et al. (1998) evaluated the intensity of LBP and disability

(assessed subjectively) in the 2nd and 3rd trimester of pregnancy in two groups of pregnant women who either had or did not have LBP prior to their pregnancy (Sihvonen et al., 1998). Results from this study indicated a significant positive correlation between the intensity of current pain and the level of erector spinae muscle activity during trunk flexion. It also reported that back muscle activity during bending measured in the 1st trimester of pregnancy was significantly and positively correlated with pain intensity measured in the 3rd trimester (Sihvonen et al., 1998).

The main objective of this study was to compare levels of pregnancy-related hormones, trunk neuromechanical characteristics, and LBPP clinical status throughout pregnancy. A second exploratory objective was to study the possible correlation between pregnancy-related hormones and neuromechanical and clinical changes throughout pregnancy. It was hypothesized that correlations would be observed between pregnancy-related hormones, neuromechanical adaptations and clinical status for all different trimesters.

Methods

Participants

Using a priory sample size calculation, it was determined that 25 pregnant women would be required to detect a significant difference between trimester in muscle activation (10% change from one trimester to another) ($\beta=0.8$ and $p<0.05$). For this prospective cohort study, 28 pregnant women, whose characteristics are presented in Table 6, were recruited at the local medical clinic and by social media. Since we were interested in LBPP development and evolution, pregnant women with and without LBPP were eligible.

To be included in the study, women had to be 18 years of age or older, and carrying one fetus. Women presenting any of the following conditions were excluded from the study: inflammatory arthritis of the axial skeleton, collagenosis, advanced osteoporosis, vertebral surgery, neuromuscular disease, malignancy, uncontrolled hypertension, infection or other non-mechanical pain, radiculopathy, progressive neurological deficit, myelopathy, lumbar disc herniation as well

as severe and incapacitating pain limiting the ability to fully perform the trunk flexion-relaxation task. This study was approved by the Université du Québec à Trois-Rivières ethics committee (CER-18-252-07.07). All pregnant women who participated in this study provided their written informed consent before the first experimental session.

Laboratory Assessment Protocol and Hormonal Dosage

All women were assessed every trimester according to the following timeframe: first experimental session (until 16 weeks of gestation), second experimental session (between 16 and 28 weeks of gestation) and third experimental session (28 weeks of gestation and more). Each experimental session was identical and lasted about 60 minutes. During an experimental session, women had to complete different questionnaires evaluating their clinical status. Questionnaires assessed the functional disability (Oswestry Disability Inventory), risk of poor prognosis of prolonged lumbar disability (STarT Back Screening Tools), avoidance behaviors related to work and physical activity (Fear Avoidance Beliefs Questionnaire), anxiety (State-Trait Anxiety Inventory, Y Form) and pain catastrophizing (Pain Catastrophizing Scale). Women were then asked to complete a flexion-relaxation task according to the following sequence and instructions: phase 1) initial position (quiet standing, arms crossed on the chest) for 2 seconds, phase 2) trunk flexion completed in 5 seconds, phase 3) full-trunk flexion maintained for 3 seconds and phase 4) trunk extension back to initial standing position completed in 5 seconds (quiet standing, arms crossed on the chest). The standardization of the task was controlled by an auditory metronome, as well as verbal instructions. The task was performed 5 times, and a 1-minute rest was allowed between each trial. Moreover, a hormonal dosage (relaxin, estrogen and progesterone) was taken by a specialized nurse. All samples were stored at -20°C until the analysis, and no sample was diluted. Samples of relaxin levels were analyzed manually using the quantitative enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). This test has an intra- and inter-assay coefficients of variance of 2.7% and 7.2% respectively. The sensibility of the assay was 4.57 pg/mL. Estrogens levels samples were analyzed using the electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) on the Roche platform. This test has an intra- and inter-assay coefficients of variance of 4.1% and 5.5% respectively. The sensibility of the assay was 18.4 pmol/L. Progesterone level samples were analyzed using the chemiluminescent macroparticle immunoassay (CMIA) on the Abbott platform. This test has an intra- and inter-assay

coefficients of variance of 2.9% and 3.2% respectively. The sensibility of the assay was \leq 0.1 ng/mL.

Weekly Text Message Follow-up

Between the first and the last experimental session, women received a weekly text message via their cellphone asking them to rate the average LBPP intensity on a VAS (0 meaning “no pain” and 100 meaning “the worst pain”) for day and night. These scores were used to compute mean LBPP score for each trimester.

Electromyography

Surface EMG (sEMG) was collected using bipolar electrodes (Model DE2.1, Delsys Inc., Boston, MA, USA) applied on both sides of the spine over the right and left lumbar erector spinae muscles (L1 and L5). For each experimental session, the EMG electrodes were placed by the same assessor. Skin was prepared by gently exfoliating the skin with fine-grade sand paper (Red Dot Trace Prep, 3M; St. Paul, MN, USA) and wiping the skin with alcohol swabs.

At each trimester, and prior to the experimental task, a submaximal voluntary back extension contraction in a control position was completed (standing with their trunk straight, women were asked to hold a 45-degree trunk flexion for 5 seconds). EMG data from the submaximal voluntary contraction was used to normalize EMG data during the flexion-relaxation task.

Kinematics

Kinematics data were collected using the Optotrak Certus motion analysis system (3 motion capture devices: Northern Digital, Waterloo, Ontario, Canada). Seven kinematics markers were placed on anatomical landmarks on the right side of the participant. The locations of the markers were 1) the lateral malleolus, 2) the lateral condyle of the femur, 3) the greater trochanter, 4) the

anterior superior iliac spine (ASIS), 5) S2, 6) L1 and 7) T12. Four angles were created with these anatomical landmarks: lumbar, pelvic, lumbopelvic and knee angles.

Data Analysis

The EMG activity was recorded using the Bagnoli-8 EMG acquisition system (common mode rejection ratio of 115 dB at 60 Hz, input impedance of 1M Ω) and sampled at 1000 Hz with a 12-bit analog to digital converter (PCI-6024E; National Instruments, Austin, Texas, USA). To remove artifacts related to electrodes movement and the power line, a 20–400 Hz band pass 4th order Butterworth filter and notch filters at 60 Hz and its harmonics were applied to all EMG signals. Kinematics was sampled at 100 Hz.

The visual marking of the FRP time events was performed on the rectified EMG signals superposed to kinematics data: the first mark at the EMG onset of the full-trunk flexion phase (named t_1) and the second mark at the EMG cessation of the full-trunk extension phase (named t_2). Then, 4 time periods were used on the EMG signals to characterize the FRP: baseline RMS during phase 1 (between 0.5s and 2s), a first burst of muscle activity RMS during phase 2 (between t_1 -3s and t_1), EMG silence RMS observed during the full trunk flexion (phase 3, between t_1 and t_2) and a second burst of muscle activity RMS during phase 4 (between t_2 and t_2 +3s). During each phase, a root mean square (RMS) value was computed using a 500ms moving window. Normalized RMS EMG values were obtained by dividing the mean RMS during each phase by the RMS value obtained during the submaximal voluntary contraction.

For kinematics data, the three angles of interest were lumbar, pelvic and the combination of lumbar and pelvic (lumbopelvic) angles. The lumbar angle was formed from the vector (L1 – S2) and the vector (ASIS – S2). The pelvic angle resulted from the (ASIS – S2) and (Greater trochanter – lateral condyle of the femur) vectors. Finally, the lumbopelvic angle was formed from the addition of the lumbar and pelvic angles. Total lumbar, pelvic and lumbopelvic angles respectively corresponding to EMG onset of FRP during the trunk flexion phase and to EMG cessation of FRP during the trunk

extension phase were obtained. Relative onset and cessation lumbopelvic angle was also calculated (relative to the maximum range of motion).

The flexion-relaxation ratio (FRR) was obtained by dividing the trunk flexion phase by the full-trunk flexion. All data were analyzed on Matlab (Matlab Release 2022b, The MathWorks, Inc.; Massachusetts, United States).

Statistical Analyses

Normality of all data was verified by visual inspection of data distribution and with the Shapiro-Wilk test. The effect of time on levels of pregnancy-related hormones, trunk neuromechanical characteristics (EMG and kinematics) and LBPP clinical status (pain scores and disability) were assessed using repeated measures ANOVA and its equivalent for nonparametric data (Friedman ANOVA). When necessary, the Tukey post-hoc test (parametric tests) and Wilcoxon Matched Pairs Test (nonparametric tests) was performed for pairwise comparisons. Pearson correlation analyses were conducted to assess the linear association between changes (from 1st to 2nd trimester and from 2nd to 3rd trimester) in the levels of pregnancy-related hormones, trunk neuromechanical characteristics and LBPP clinical status (pain and disability). Such correlations were calculated only for variables that showed significant changes between trimesters. For all analyses, statistical significance was set at $p < 0.05$. All statistical analyses were performed with Statistica version 13.5.0.17 (Tibco Statistica 13.5).

Results

From the 28 participants initially included in the study, 20 participants completed all assessments, 6 completed only the first trimester assessment, 1 completed both first trimester assessments and 1 completed both last trimester assessments (Figure 16). In addition to dropouts, specific EMG, kinematics and hormonal data were excluded or not available for some women (for one of the three trimester) due to technical issues. The participants' characteristics are presented in Table 6.

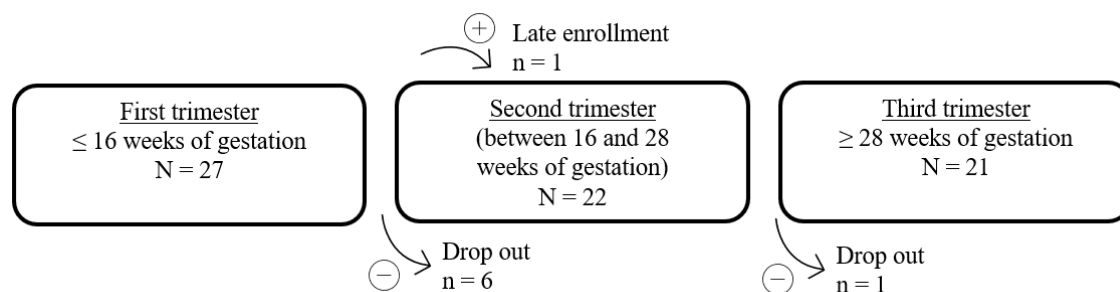


Figure 16. – The number of participants in each pregnancy trimester.

Table 6 – Participants’ characteristics.

	Mean ± SD (N = 28)
Age (years)	29.8 ± 3.6
Parity	
0 (n)	42.9% (n = 12)
≥1 (n)	57.1% (n = 16)
Pre-pregnancy weight (kg)	64.64 ± 17.35
Height (m)	1.64 ± 0.09
Pre-pregnancy BMI (kg/m ²)	24.00 ± 6.91
Healthy weight (BMI: 18.5 to <25)	64,3% (n = 18)
Overweight (BMI: 25.0 to <30)	25% (n = 7)
Obesity (BMI: 30.0 or higher)	10.7% (n = 3)
Education levels	
No diploma	3.6% (n = 1)
High school diploma	0% (n = 0)
College diploma	14.3% (n = 4)
University diploma	71.4% (n = 20)
Professional studies diploma	10.7% (n = 3)

SD: standard deviation, BMI: body mass index. Parity: Number of times a woman has giving birth to a live neonate.

Participants' Characteristics and LBPP Clinical Status

Weight significantly increased throughout pregnancy ($F(2.38) = 94.35, p < 0.001$). Results showed that nocturnal ($\chi^2 = 24.42, p < 0.001$) and diurnal ($\chi^2 = 9.77, p = 0.008$) LBPP intensity significantly increased from the first trimester to the last one. Results also showed that 70.8% of women reported LBPP (diurnal and/or nocturnal) in the first trimester (17/24), 100% of women in the second trimester (25/25) and 95.7% of women in the third trimester (22/23). Moreover, PGQ scores significantly increased throughout pregnancy ($\chi^2 = 25.79, p < 0.001$). Two other questionnaires scores significantly increased, the STarT Back total ($\chi^2 = 13.16, p = 0.001$) and FABQ physical activity scale ($\chi^2 = 12.17, p = 0.002$), while the PCS score significantly decreased ($\chi^2 = 9.94, p = 0.007$) (Table 7, Figure 17).

Levels of Pregnancy-Related Hormones

Relaxin ($F(2.38) = 8.12, p = 0.001$), estrogen ($\chi^2 = 34.11, p < 0.001$) and progesterone ($F(2.36) = 187.09, p < 0.001$) levels significantly changed throughout pregnancy. Tukey post-hoc analyses revealed that relaxin levels at first trimester ($\text{Mean}_{\text{first}}: 608.76 \pm 94.81$) were significantly higher than at the second trimester ($\text{Mean}_{\text{second}}: 338.65 \pm 42.06, p = 0.001$) and at the third trimester ($\text{Mean}_{\text{third}}: 415.24 \pm 67.01, p = 0.02$). Estrogen levels significantly increased throughout pregnancy ($\text{Mean}_{\text{first}}: 11,547.11 \pm 6695.13$; $\text{Mean}_{\text{second}}: 43,872.78 \pm 20,139.47$; $\text{Mean}_{\text{third}}: 64,088.39 \pm 27,582.36, p < 0.001$). Tukey post-hoc analyses revealed that progesterone levels significantly increased from the first to the third trimester ($\text{Mean}_{\text{first}}: 67.34 \pm 4.20$; $\text{Mean}_{\text{second}}: 144.35 \pm 7.75$; $\text{Mean}_{\text{third}}: 285.70 \pm 11.68, p < 0.001$) (Table 8).

Trunk Neuromechanical Characteristics

The EMG flexion-relaxation ratio did not significantly vary during the three trimesters. Kinematics variables, which comprise maximal trunk flexion angle, total angles corresponding to EMG onset of FRP (trunk flexion phase) and EMG cessation of FRP (trunk extension phase), as well as the relative onset and cessation lumbopelvic angle, did not significantly change throughout all trimesters (Table 9).

Table 7 – Clinical changes throughout trimesters of pregnancy.

	Mean ± SD			<i>p</i>
	First trimester	Second trimester	Third trimester	
Weight (kg)	70.09 ± 3.02	75.51 ± 2.97	79.45 ± 3.05	< 0.001
LBPP intensity (/100)				
Nocturnal LBPP	3.37 ± 5.40	6.93 ± 7.11	14.04 ± 12.77	< 0.001†
Diurnal LBPP	6.54 ± 6.91	12.01 ± 8.85	17.53 ± 12.54	0.008†
Questionnaires				
PGQ ^a	4.00 ± 5.45	12.47 ± 12.94	18.80 ± 14.52	< 0.001†
STarT Back ^b	0.47 ± 0.61	0.84 ± 1.07	1.47 ± 1.61	0.001†
STarT Back ^c	0.00 ± 0.00	0.11 ± 0.46	0.21 ± 0.54	0.17†
FABQw ^d	2.45 ± 3.32	5.25 ± 8.03	4.35 ± 6.28	0.54†
FABQpa ^e	0.65 ± 2.30	1.50 ± 2.46	2.00 ± 3.93	0.002†
STAI-Y ^f	23.95 ± 3.14	26.10 ± 6.04	25.55 ± 7.37	0.63†
STAI-Y ^g	29.65 ± 9.11	31.60 ± 8.76	29.35 ± 8.54	0.24†
PCS ^h	6.45 ± 6.28	3.30 ± 4.07	2.60 ± 3.78	0.007†

SD: Standard deviation, †Friedman ANOVA. *p* < 0.05. ^aPGQ: Pelvic Girdle Questionnaire (% disability), ^bSTarT Back Screening Tools total (/9), ^cSTarT Back Screening Tools subtotal (/5), ^dFear Avoidance Beliefs Questionnaire – work scale (/42), ^eFear Avoidance Beliefs Questionnaire – physical activity scale (/24), ^fState-Trait Anxiety Inventory, Y Form – situational anxiety (/80), ^gState-Trait Anxiety Inventory, Y Form – anxiety traits (/80), ^hPain Catastrophizing Scale (/52).

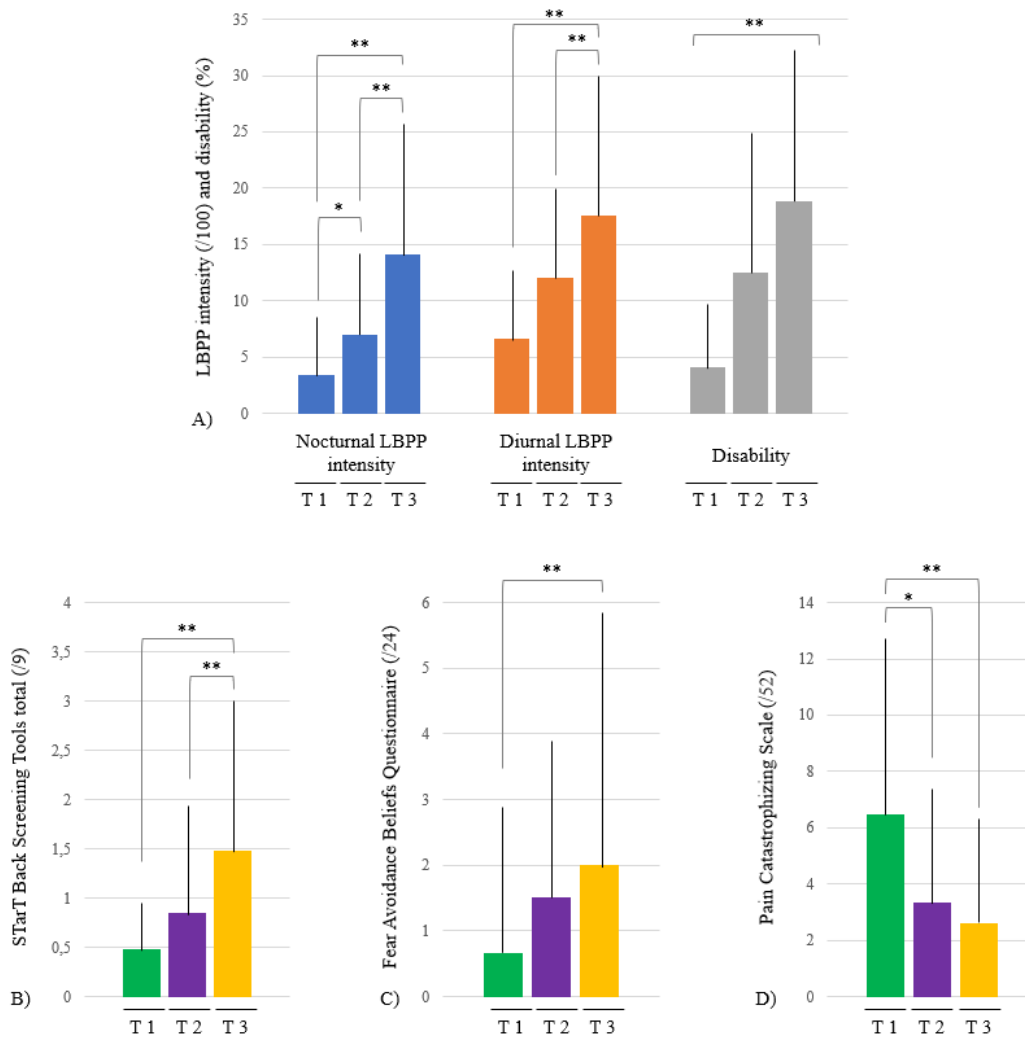


Figure 17. – Clinical changes throughout pregnancy. LBPP: lumbopelvic pain; T: trimester. A) Nocturnal LBPP intensity (blue), diurnal LBPP intensity (orange) and disability (grey). B) Risk of poor prognosis of prolonged lumbar disability (STarT Back Screening Tools), from left to right, trimester 1 (green), trimester 2 (purple) and trimester 3 (yellow). C) Avoidance behaviors related to physical activity (Fear Avoidance Beliefs Questionnaire), from left to right, trimester 1 (green), trimester 2 (purple) and trimester 3 (yellow). D) Pain catastrophizing (Pain Catastrophizing Scale), from left to right, trimester 1 (green), trimester 2 (purple) and trimester 3 (yellow). * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$.

Table 8 – Physiological changes throughout the trimesters of pregnancy.

	Mean \pm SD			<i>p</i>
	First trimester	Second trimester	Third trimester	
Relaxin (pg/ml)	608.76 \pm 94.81	338.65 \pm 42.06	415.24 \pm 67.01	< 0.001
Estrogen (pmol/L)	11,547.11 \pm 6695.13	43,872.78 \pm 20,139.47	64,088.39 \pm 27,582.36	< 0.001†
Progesterone (nmol/L)	67.34 \pm 4.20	144.35 \pm 7.75	285.70 \pm 11.68	0.001

SD: Standard deviation, †Friedman ANOVA. $p < 0.05$.

Table 9 – Neuromechanical changes throughout the trimesters of pregnancy.

	Mean \pm SD			<i>p</i>
	First trimester	Second trimester	Third trimester	
EMG				
EMG L1 left FRR	2.45 \pm 0.40	2.68 \pm 0.35	2.47 \pm 0.39	0.79
EMG L1 right FRR	3.08 \pm 0.68	2.89 \pm 0.52	3.22 \pm 0.62	0.86
EMG L5 left FRR	1.94 \pm 0.35	1.94 \pm 0.24	2.05 \pm 0.43	0.96
EMG L5 right FRR	2.09 \pm 2.01	1.90 \pm 1.28	2.09 \pm 1.49	0.95†
Kinematics				
FRP maximal flexion angle				
Pelvic maximal angle	48.48 \pm 3.47	49.21 \pm 3.85	47.51 \pm 3.76	0.84
Lumbar maximal angle	18.25 \pm 1.69	13.27 \pm 2.20	15.17 \pm 2.05	0.11
Lumbopelvic maximal angle	66.11 \pm 4.57	61.99 \pm 5.21	62.73 \pm 4.07	0.37
FRP onset				
Pelvic angle	42.31 \pm 2.91	43.27 \pm 3.12	45.44 \pm 3.16	0.32
Lumbar angle	15.77 \pm 2.05	11.52 \pm 2.68	12.64 \pm 1.40	0.18
Lumbopelvic angle	59.88 \pm 4.58	55.78 \pm 4.94	58.35 \pm 4.20	0.50
FRP cessation				
Pelvic angle	43.47 \pm 2.76	45.12 \pm 3.94	46.23 \pm 4.03	0.56
Lumbar angle	16.29 \pm 2.03	12.43 \pm 2.85	13.83 \pm 1.49	0.28
Lumbopelvic angle	61.03 \pm 4.23	58.72 \pm 6.25	60.72 \pm 5.50	0.82
FRP onset				
Relative lumbopelvic angle	92.90 \pm 1.69	92.22 \pm 2.04	93.23 \pm 1.57	0.77
FRP cessation				
Relative lumbopelvic angle	95.24 \pm 1.85	95.18 \pm 1.71	95.76 \pm 2.78	0.94

SD: Standard deviation, FRP: flexion-relaxation phenomenon, FRR: flexion-relaxation ratio
 †Friedman ANOVA. $p < 0.05$.

Exploratory Correlations

A significant positive correlation was found between the changes in the estrogen level and the changes in PGQ score between the first and second trimester ($r = 0.46$; $p = 0.05$), indicating that as estrogen levels increased, the level of disability also increased. A significant positive correlation was found between the change in estrogen levels and the diurnal LBPP intensity from the second to the third trimester ($r = 0.53$; $p = 0.02$). Again, as estrogen levels increased, the level of LBPP intensity also increased (Table 10, Figure 18).

Table 10 – Clinical and physiological changes between trimesters

	Between first and second trimester		Between second and third trimester	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Relaxin				
Nocturnal LBPP intensity	0.08	0.76	-0.17	0.49
Diurnal LBPP intensity	0.32	0.23	0.04	0.86
PGQ	0.08	0.76	0.07	0.77
Estrogen				
Nocturnal LBPP intensity	0.40	0.11	0.20	0.41
Diurnal LBPP intensity	0.09	0.74	0.53	0.02
PGQ	0.46	0.04	0.33	0.17
Progesterone				
Nocturnal LBPP intensity	0.13	0.60	-0.42	0.86
Diurnal LBPP intensity	0.23	0.36	-0.14	0.56
PGQ	-0.04	0.88	0.34	0.14

LBPP: lumbopelvic pain; PGQ: Pelvic Girdle Questionnaire. $p < 0.05$.

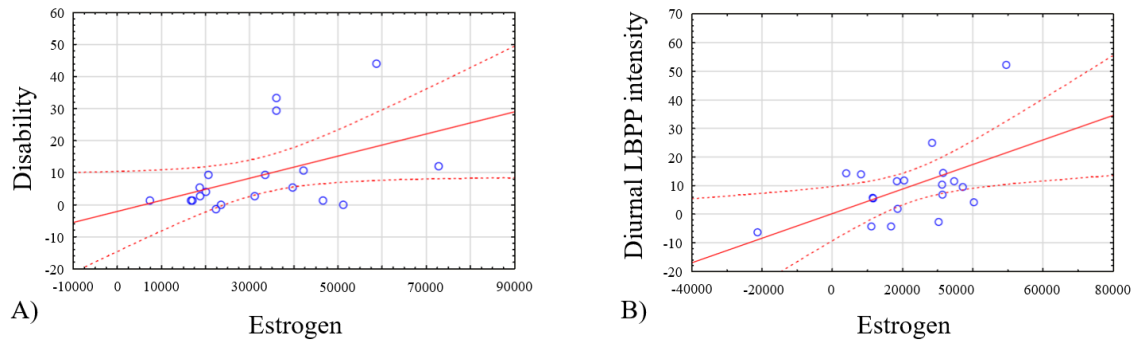


Figure 18. – Significant positive correlations between estrogen and A) disability (Pelvic Girdle Questionnaire) (change between first and second trimester) and B) diurnal LBPP intensity (change between second and third trimester). LBPP: lumbopelvic pain.

Discussion

This study sought to compare the changes in pain, disability, pregnancy hormones and trunk neuromechanical characteristics throughout the three trimesters of pregnancy. It was also designed to explore the potential associations between pregnancy-related hormones, and the neuromechanical and clinical status of pregnant women. This study is the first one to explore the evolution of trunk neuromuscular strategies of pregnant women.

Results of this study showed that weight, nocturnal and diurnal LBPP intensity, disability levels, risk of poor LBPP prognosis and avoidance behaviors related to physical activity increased throughout pregnancy, while pain catastrophizing decreased. Hormones levels in our study varied according to normally described fluctuations during pregnancy. Neuromechanical characteristics of FRP, including EMG and kinematics, were similar throughout the three trimesters. Changes in disability (first to second trimester) was associated with estrogen levels. Changes in estrogen and diurnal LBPP intensity were associated during the second and the third trimester respectively.

Neuromechanical Adaptations and Clinical Status

Sihvonen et al. were the first, in 1998, to describe differences in neuromechanical variables between pregnant women with LBPP and pain-free pregnant women. These results suggested a lack of FRP in pregnant women with LBPP and showed a positive association between pain intensity and trunk muscle activation, which were not observed in the current study since our results failed to identify an association between LBPP intensity and lumbar muscle activity. The fact that Sihvonen et al. (1998) assessed the pregnant women at 20 and 36 weeks of pregnancy may explain the differences between both studies (Sihvonen et al., 1998). Modulation of lumbopelvic muscle activation is suggested to be one of the mechanisms available to control load and shear force transmission across the pelvic girdle (Vleeming & Schuenke, 2019). Although LBPP during pregnancy may partly arise from changes in neuromuscular stability mechanisms, our results suggest that the FRP may not be an appropriate model to identify trunk neuromechanical adaptations related to pain throughout pregnancy.

Pain, related disability, and motor control are often considered intrinsically linked; a recent study by Desgagnés et al. (2022) systematically reviewed the evidence regarding the potential differences in lumbopelvic spine motor control between women with pregnancy-related LBPP and matched controls (Desgagnés et al., 2022). The results derived from the 15 studies included in the review showed, among quite heterogenous study designs and outcomes, that the only consistent result, which was observed in two studies, was a higher transversus abdominis activation during leg movements in post-partum women with pelvic girdle pain compared to pain free post-partum women. Given the results of Desgagné's systematic review, and considering the absence of changes observed in FRP characteristics in the current study and the lack of strong correlation with clinical and hormonal status during pregnancy, one may argue that new tasks or evaluations of LBPP stability might be needed to better establish the possible links between LBPP stability, hormonal and clinical status.

Hormonal Changes and Clinical Status

A scoping review published in 2021 explored the associations between physiological changes and clinical status in pregnant women with LBPP (Daneau, Houle, Pasquier, Ruchat, & Descarreaux, 2021). This review showed mixed results, with only 4 studies out of 5 suggesting an association between relaxin levels and the presence and intensity of LBPP episodes. One study focused on estrogen and progesterone levels, and found that progesterone levels were higher in pregnant women with LBPP compared to those without LBPP (Kristiansson, Svärdsudd, & von Schoultz, 1999). Estrogen was the only hormone that showed no difference between the two groups of pregnant women, which is inconsistent with our results. Indeed, in the present study, estrogen was the only hormone that was associated with clinical variables: levels of disability (between the first and second trimester) and the diurnal LBPP intensity (between the second and third trimester). Estrogen is believed to increase the elasticity and flexibility of tissues, including those in the pelvic region (Reese & Casey, 2015). The association observed with pain between the second and third trimester could therefore be explained by the gradual increased level of this hormone during pregnancy. The results of the current study challenge previous findings, and suggest that estrogen may not be associated with clinical outcomes of LBPP, while relaxin and progesterone seem to be related to clinical LBPP outcomes during pregnancy.

Hormonal Changes and Neuromechanical Adaptations

Interestingly, our study showed that the pelvic, lumbar and lumbopelvic FRP onset angles were increased during the trunk flexion phase in pregnant women than in non-pregnant individuals (Schinkel-Ivy, Nairn, & Drake, 2014). This result suggests a change in neuromuscular strategies in pregnant women performing trunk flexions. Although previously described as potential modulating factors involved in LBPP during pregnancy, evidence linking neuromuscular adaptations and hormonal changes (Daneau, Abboud, et al., 2021) are still lacking.

Strength and Limitations

One of the strengths of this study is that it focused on three pregnancy hormones that have an impact on ligament laxity in pregnant women, which can lead to LBPP. Most studies identified in

the scoping review of Daneau et al. included only relaxin, while only one study explored the association between estrogen, progesterone and LBPP. Another strength is that the current study includes evaluations of hormonal changes, neuromuscular adaptations and clinical status of the participants at each trimester. Additionally, the average nocturnal and diurnal LBPP intensity during each trimester was calculated using weekly data following the weekly text message assessments. Collecting LBPP intensity data every week may represent a more accurate evolution of LBPP throughout pregnancy.

Limitations of the study include dropouts and partial completion of assessments, which in most cases were related to Covid-19 restrictions. In addition, the intensity of LBPP in our study is much lower than what has been previously described in the literature, which described pain scores between 50 to 60 mm during pregnancy (20 mm in the first to 75 mm in the third trimester) (Wu et al., 2004). Therefore, any generalization of our results to all pregnant women with LBPP must be done with caution.

Conclusion

In conclusion, this study showed an increase LBPP intensity, disability levels, and risk of poor LBPP prognosis throughout pregnancy, along with an increase in avoidance behaviors related to physical activity. However, pain catastrophizing decreased over time. Hormone levels varied throughout pregnancy, with estrogen being associated with clinical variables such as disability and diurnal LBPP intensity. Neuromechanical characteristics, including EMG and kinematics, remained similar throughout the three trimesters. Overall, the study results contradict previous findings and suggest that estrogen may not be associated with LBPP clinical outcomes during pregnancy. The study also highlights the need for new functional evaluations of LBPP stability in order to better establish the possible links between LBPP stability, hormonal and clinical status.

References

Biviá-Roig, G., Lisón, J. F., & Sánchez-Zuriaga, D. (2019). Effects of pregnancy on lumbar motion patterns and muscle responses. *The Spine Journal*, 19(2), 364-371.

Blackburn, S. T. (2018). *Maternal, Fetal, & Neonatal physiology : a clinical perspective* (M. E. St. Louis Ed. Fifth ed.).

Callaghan, J. P., & Dunk, N. M. (2002). Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting. *Clinical Biomechanics*, 17(5), 353-360.

Colloca, C. J., & Hinrichs, R. N. (2005). The biomechanical and clinical significance of the lumbar erector spinae flexion-relaxation phenomenon: a review of literature. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 28(8), 623-631.

Daneau, C., Abboud, J., Marchand, A.-A., Houle, M., Pasquier, M., Ruchat, S.-M., & Descarreaux, M. (2021). Mechanisms underlying lumbopelvic pain during pregnancy: a proposed model. *Frontiers in Pain Research*, 2, 773988.

Daneau, C., Houle, M., Pasquier, M., Ruchat, S.-M., & Descarreaux, M. (2021). Association Between Pregnancy-Related Hormones and Lumbopelvic Pain Characteristics in Pregnant Women: A Scoping Review. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 44(7), 573-583.

Dehghan, F., Haerian, B., Muniandy, S., Yusof, A., Dragoo, J., & Salleh, N. (2014). The effect of relaxin on the musculoskeletal system. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(4), e220-e229.

Descarreaux, M., Lafond, D., & Cantin, V. (2010). Changes in the flexion-relaxation response induced by hip extensor and erector spinae muscle fatigue. *BMC musculoskeletal disorders*, 11(1), 1-7.

Descarreaux, M., Lafond, D., Jeffrey-Gauthier, R., Centomo, H., & Cantin, V. (2008). Changes in the flexion relaxation response induced by lumbar muscle fatigue. *BMC musculoskeletal disorders*, 9(1), 1-9.

Desgagnés, A., Patricio, P., Bérubé, N., Bernard, S., Lamothe, M., & Massé-Alarie, H. (2022). Motor control of the spine in pregnancy-related lumbopelvic pain: A systematic review. *Clinical Biomechanics*, 105716.

Dragoo, J. L., Padrez, K., Workman, R., & Lindsey, D. P. (2009). The effect of relaxin on the female anterior cruciate ligament: analysis of mechanical properties in an animal model. *The Knee*, 16(1), 69-72.

Gouteron, A., Tabard-Fougere, A., Bourredjem, A., Casillas, J.-M., Armand, S., & Genevay, S. (2021). The flexion relaxation phenomenon in nonspecific chronic low back pain: prevalence, reproducibility and flexion–extension ratios. A systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 1-16.

Gupta, A. (2001). Analyses of myo-electrical silence of erectors spinae. *Journal of Biomechanics*, 34(4), 491-496.

Holm, S., Indahl, A., & Solomonow, M. (2002). Sensorimotor control of the spine. *Journal of electromyography and Kinesiology*, 12(3), 219-234.

Kristiansson, P., Svärdsudd, K., & von Schoultz, B. (1999). Reproductive hormones and aminoterminal propeptide of type III procollagen in serum as early markers of pelvic pain during late pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*, 180(1), 128-134.

Lund, J. P., Donga, R., Widmer, C. G., & Stohler, C. S. (1991). The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 69(5), 683-694.

Mens, J. M., Pool-Goudzwaard, A., & Stam, H. J. (2009). Mobility of the pelvic joints in pregnancy-related lumbopelvic pain: a systematic review. *Obstetrical & gynecological survey*, 64(3), 200-208.

Olson, M. W., Li, L., & Solomonow, M. (2004). Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion. *Clinical Biomechanics*, 19(8), 769-776.

Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders*, 5, 383-383.

Reese, M. E., & Casey, E. (2015). Hormonal influence on the neuromusculoskeletal system in pregnancy. In F. CM & S. NA (Eds.), *Musculoskeletal health in pregnancy and postpartum: an evidence-based guide for clinicians* (pp. 19-34): Springer.

Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 71.

Sarti, M., Lison, J., Monfort, M., & Fuster, M. (2001). Response of the flexion–relaxation phenomenon relative to the lumbar motion to load and speed. *Spine*, 26(18), E421-E426.

Schinkel-Ivy, A., Nairn, B. C., & Drake, J. D. (2014). Quantification of the lumbar flexion-relaxation phenomenon: comparing outcomes of lumbar erector spinae and superficial lumbar multifidus in standing full trunk flexion and slumped sitting postures. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 37(7), 494-501.

Sihvonen, T. (1997). Flexion relaxation of the hamstring muscles during lumbar-pelvic rhythm. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78(5), 486-490.

Sihvonen, T., Huttunen, M., Makkonen, M., & Airaksinen, O. (1998). Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79(10), 1210-1212.

Vleeming, A., Albert, H. B., Östgaard, H. C., Sturesson, B., & Stuge, B. (2008). European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *European Spine Journal*, 17(6), 794-819.

Vleeming, A., & Schuenke, M. (2019). Form and force closure of the sacroiliac joints. *PM&R*, 11, S24-S31.

Watson, P. J., Booker, C., Main, C., & Chen, A. (1997). Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients: the development of the flexion relaxation ratio. *Clinical Biomechanics*, 12(3), 165-171.

Weis, C. A., Barrett, J., Tavares, P., Draper, C., Ngo, K., Leung, J., . . . Landsman, V. (2018). Prevalence of low back pain, pelvic girdle pain, and combination pain in a pregnant Ontario population. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 40(8), 1038-1043.

Wu, W.-H., Meijer, O. G., Uegaki, K., Mens, J., Van Dieen, J., Wuisman, P., & Östgaard, H. (2004). Pregnancy-related pelvic girdle pain (PPP), I: Terminology, clinical presentation, and prevalence. *European Spine Journal*, 13, 575-589.

Chapitre 5 – Article 4, The Feasibility of a Motor Control Exercise Program Versus Standard Care in the Treatment of Lumbopelvic Pain in Pregnant Women: a Randomized Controlled Pilot Trial

Ce chapitre inclut le cinquième article de cette thèse qui a été soumis dans la revue « BMC Women's Health » en 2023.

Catherine Daneau¹, Véronique Babineau², Andrée-Anne Marchand³, André Bussièrès^{3,4}, Julie O'Shaughnessy³, Martin Descarreaux⁵, Stephanie-May Ruchat⁵

Affiliations des auteurs :

¹Département d'anatomie, Université du Québec à Trois-Rivières, 3351 Bd des Forges, Trois-Rivières, G8Z 4M3, QC, Canada

²Département d'obstétrique et gynécologie, Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie et- du-Centre-du-Québec, affiliée à l'Université de Montréal, Trois-Rivières, Canada

³Département de chiropratique, Université du Québec à Trois-Rivières, 3351 Bd des Forges, Trois-Rivières, G8Z 4M3, QC, Canada

⁴School of Physical and Occupational Therapy, McGill University, Montreal, 845 Rue Sherbrooke O, Montréal, QC H3A 0G4, Canada

⁵Département des sciences de l'activité physique, Université du Québec à Trois-Rivières, 3351 Bd des Forges, Trois-Rivières, G8Z 4M3, QC, Canada

Contribution des auteurs :

Catherine Daneau : demande éthique, conception de l'étude, recrutement des participantes, collecte des données, analyses des données, écriture de l'article scientifique, diffusion des résultats

Véronique Babineau : conception de l'étude, recrutement des participantes et révision de l'article scientifique

Andrée-Anne Marchand : conception de l'étude et révision de l'article scientifique

André Bussière : conception de l'étude et révision de l'article scientifique

Julie O'Shaughnessy : conception de l'étude et révision de l'article scientifique

Martin Descarreaux : supervision et encadrement de l'étudiante dans la demande éthique, conception de l'étude, collecte des données, analyse des données, écriture de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Stephanie-May Ruchat : supervision et encadrement de l'étudiante dans la demande éthique, conception de l'étude, collecte des données, analyse des données, écriture de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Résumé

Introduction : Les femmes subissent de nombreux changements pendant la grossesse qui peuvent conduire à des douleurs lombo-pelviennes (DLP). Bien que les exercices fassent partie des stratégies utilisées pour gérer les DLP pendant la grossesse, les données disponibles concernant leur efficacité sont mitigées. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'un programme d'exercices de contrôle moteur pour les femmes enceintes présentant un historique de DLP ou ayant des douleurs actuellement; l'objectif secondaire était d'évaluer l'efficacité préliminaire du programme d'exercices de contrôle moteur pour réduire la récurrence et/ou l'intensité des DLP et l'incapacité physique associée.

Méthode : Les participants ont été répartis au hasard dans un groupe d'intervention (n = 16) ou un groupe contrôle (n = 16). Le groupe d'intervention a reçu des soins prénatals standard et trois séances d'exercices de 40 minutes par semaine (une séance supervisée et deux séances non supervisées) à partir de <20 semaines jusqu'à 34-36 semaines de gestation. Le groupe contrôle n'a reçu que des soins prénatals standard. Les critères d'évaluation principaux étaient le taux de recrutement, de rétention et d'observance, la sécurité et l'acceptabilité de l'intervention. Les critères d'évaluation secondaires comprenaient la fréquence et l'intensité des DLP, l'incapacité physique liée aux DLP et d'autres critères y étant liés. Les statistiques descriptives et les analyses de variance à mesures répétées ont été utilisées pour évaluer la faisabilité et l'efficacité de l'intervention, respectivement.

Résultats: Sur une période de 14 mois, 32 participants ont été recrutés. Parmi elles, 26 (11 dans le groupe d'intervention et 15 dans le groupe contrôle) ont assisté à la visite post-intervention (taux de rétention de 81,3%). Le taux d'observance était similaire pour les séances d'exercices supervisées et non supervisées, bien que l'acceptabilité soit meilleure pour les séances supervisées que pour les séances non supervisées. Aucun événement indésirable n'a été signalé. À la visite pré-intervention, les caractéristiques des participants étaient similaires entre les deux groupes, à l'exception du niveau d'éducation (plus élevé dans le groupe contrôle). Les résultats préliminaires n'ont montré aucune différence significative en termes de fréquence, d'intensité et d'incapacité physique associées aux DLP entre les groupes, bien que des tendances prometteuses aient été observées.

Conclusions : Le programme d'exercices de contrôle moteur est sécuritaire et faisable avec des ajustements mineurs (limiter le déséquilibre pré-intervention entre les groupes, minimiser l'effet des facteurs de confusion potentiels et améliorer l'observance). Bien que l'efficacité de l'intervention n'ait pas été significative, des résultats prometteurs ont été observés, suggérant que son efficacité pourrait être démontrée en l'implémentant dans un essai contrôlé randomisé à plus grande échelle.

Enregistrement de l'essai : L'étude a été enregistrée dans le registre des essais cliniques du National Institutes of Health des États-Unis (Clinicaltrials.gov) le 27 avril 2021 : NCT04253717.

Mots-clés : exercice, contrôle moteur ; douleur lombaire, douleur pelvienne, grossesse.

Abstract

Background: Women undergo many changes during pregnancy that can lead to lumbopelvic pain (LBPP). Although exercises are part of the strategies used to manage LBPP during pregnancy, available data regarding their effectiveness are mixed. The primary objective of this study was to assess the feasibility of implementing a motor control exercise program for pregnant women presenting with a history of, or actual, LBPP; the secondary objective was to assess the preliminary effectiveness of the motor control exercise program to reduce LBPP recurrence and/or intensity and associated disability.

Methods: Participants were randomly allocated to intervention (n=16) or control (n=16) group. The intervention group received standard prenatal care and three 40-min exercise sessions per week (one supervised and two unsupervised sessions) from < 20 weeks until 34–36 weeks of gestation. The control group received standard prenatal care only. Primary outcomes were recruitment, retention, and adherence rate, safety and acceptability of the intervention. Secondary outcomes included LBPP frequency and intensity, LBPP-related disability and other outcomes related to LBPP. Descriptive statistics and repeated-measures ANOVA were used to assess the feasibility and the effectiveness of the intervention, respectively.

Results: Over a 14-month period, 32 participants were recruited. Among them, 26 (11 in the intervention group and 15 in the control group) attended the post-intervention visit (retention rate of 81.3%). Adherence rate was similar for the supervised and unsupervised exercise sessions although the acceptability was better for the supervised compared to the unsupervised sessions. No adverse events were reported. At pre-intervention, participants characteristics were similar between both groups except for education level (higher in the control group). Preliminary results showed no significant difference in LBPP frequency, intensity and associated disability between groups, although promising tendencies were observed.

Conclusions: The motor control exercise program is safe and feasible with minor adjustments (limit pre-intervention imbalance between the groups, minimize the effect of potential confounding factors and improve adherence). Although the efficacy of the intervention was not significant, promising results were observed suggesting that by implementing it in a larger scale randomized controlled trial, its efficacy might be demonstrated.

Trial registration: The study has been registered at the US National Institutes of Health Clinical trials registry (Clinicaltrials.gov) on April 27, 2021: NCT04253717.

Keywords: exercise, motor control; low back pain, pelvic girdle pain, pregnancy.

Introduction

Physical activity (PA) is an important component of a healthy pregnancy given its many health benefits for women and their future child. The most recent World Health Organisation recommendations for PA (1), as well as the 2019 Canadian guideline for PA throughout pregnancy (2) states that all women with no contraindications should be active throughout their pregnancy. These women should achieve at least 150 minutes of moderate-intensity PA of various types per week (2). However, according to a recent systematic review, PA levels of pregnant women are far from these recommendations (3, 4). During pregnancy, around 50% of women suffer from lumbopelvic pain (LBPP) which is a pain located in the lumbar (low back pain, LBP) and pelvic (pelvic girdle pain, PGP) regions (5, 6). The presence of LBPP could explain, at least in part, why pregnant women are not sufficiently active (7).

Exercise is one of the strategies used to prevent or limit physical pain including LBP in the general population (8) but also in pregnant women. Chan et al. (9) conducted a systematic review on the effect of various prenatal PA interventions on pregnancy-related issues, including pregnancy-related LBPP. Their objectives were to examine the effectiveness of land-based exercises in pregnant women with LBPP on LBPP prevalence and intensity (9). Ten studies were included, and the interventions used exercises to strengthen the abdominal, lumbar and pelvic region as well as walking, stretching, relaxation, and breathing. The authors concluded that the effects of exercise interventions on LBPP intensity were inconsistent, with only five studies out of 10 showing a significant positive effect (9). Furthermore, the exercise interventions had no effect on the prevalence of LBPP (9). These mixed results might be explained, at least in part, by the different types of exercise used to manage LBPP.

Stabilization exercises, also known as motor control exercises, have been shown to be effective for LBP management. A systematic review focussing on non-pregnant individuals with persistent non-specific LBP showed that motor control exercises, alone or as a supplement to physical therapy focusing on specific spinal stabilizing exercises, was effective to reduce LBP intensity and disability (10). Similarly, a recent systematic review, carried out among postpartum women,

examined the impact of stabilizing exercises (abdominal, lumbar multifidus, pelvic floor muscles) on LBPP intensity, disability and quality of life. The results showed a significant reduction in LBPP intensity and disability after stabilizing exercises but failed to show a significant change in quality of life (11). The primary role of motor control exercises is to control intersegmental spinal movements while allowing patients to regain control and coordination of their spine and pelvis using motor learning principles (12). Pregnant women will undergo many changes (e.g., hormonal and biomechanical) and adaptations (e.g., neuromuscular) throughout the nine months of gestation. These changes and adaptations will impact the functionality of the women's body such as the stability of the lumbar and pelvic region, which can lead to pain in these regions (6, 13, 14). Therefore, motor control exercises could be an effective, safe and low-cost option to reduce this instability and thus prevent the development, or aggravation, of LBPP during pregnancy.

The first objective of this study was to assess the feasibility of implementing a motor control exercise program for pregnant women presenting a history of LBPP or currently suffering from LBPP in reducing LBPP recurrences and/or intensity, as well as LBPP-related disability, and to obtain an estimate of the variance for the primary outcomes for a full-scale study. The second objective was to assess the potential effectiveness of the motor control exercise program. The primary hypothesis was that the motor control exercise program will show high recruitment and adherence rates, as well as low attrition rate among our population. The secondary hypothesis was that the proposed motor control exercise program will reduce LBPP recurrences and/or intensity, as well as LBPP-related disability.

Methods

Study design

This study was a parallel randomized controlled feasibility trial involving pregnant women with either a history of LBPP or current LBPP. Participants were randomized to either the control (standard prenatal care) or intervention group (standard prenatal care combined with a motor control exercise program) with an allocation ratio 1:1.

This study was approved by the institutional review boards of the Université du Québec à Trois-Rivières (CER-19-259-07.20) and the Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ) (CÉRM-2019-004-01). It was registered at Clinicaltrials.gov (NCT04253717). More details about the study have been published elsewhere (15). All participants provided written informed consent in accordance with the certification delivered by the institutional review boards before any intervention.

Sample size

To inform feasibility and to plan for a larger study, it was suggested to include 10 to 20 participants per group (16). Forty pregnant women were therefore randomly allocated to the control (20 participants) or intervention (20 participants) group. Based on our previous cohort study in which we were able to recruit 40 pregnant women in 12 months, with a retention rate of 80% (17), recruiting 40 women over a 12-month period was deemed feasible. Moreover, one of the study goals was to obtain an estimate of variance for the clinical outcomes for a full-scale study. Based on the minimally clinically important difference between groups that has been established, 10 to 20 participants per group is sufficient to inform feasibility and to plan for a larger study (16). Between group differences in LBPP intensity and disability score after the intervention will be used to estimate adequate sample size for future research.

Recruitment & Eligibility criteria

Participants were recruited at two local medical clinics offering pregnancy follow-up and at the hospital department of gynecology and obstetrics, as well as in the local community and via social media. The inclusion criteria were the following: 18 to 40 years old, carrying one fetus, being ≤ 20 weeks pregnant and presenting a history of LBPP (currently in pain or not) or suffering from their first LBPP episode (since at least two weeks). The exclusion criteria were the following: inflammatory rheumatic disease, infectious disease, neuromuscular disease, vascular disease, connective tissue disease, severe disabling pain, and neurologic signs and symptoms. Women presenting contraindications to exercise (according to the 2019 Canadian guideline for PA

throughout pregnancy (2)) were also excluded from the study. Women unable to understand or speak French as well as those unwilling to be randomized were excluded. Women who met the inclusion criteria and were willing to participate were met at the university laboratory for the pre-intervention visit. During this visit, women completed several questionnaires to collect information about baseline characteristics, history of LBPP, PA levels, functional disability, fear avoidance behavior, anxiety and depression. The presence of LBPP was confirmed using different recommended clinical tests (Patrick's FABERE test, Posterior Pelvis Pain Provocation test, Active Straight Leg Raise test, Trendelenburg and Menell's test) (6, 18).

Randomization

At the end of the pre-intervention visit, participants were randomly allocated to the control or intervention group. The randomization sequence generation was performed by an independent research assistant using a computer random number generator. The allocation sequence concealment was performed using sequentially numbered, opaque and sealed envelopes. Two minimization criteria were considered to ensure good balance of factors known to affect the natural history of pregnancy-related LBPP. These criteria were baseline LBPP intensity (one point was attributed if LBPP intensity was $\geq 10/100$) and baseline PA levels (one point was attributed if total activity score was ≥ 300 on the Pregnancy Physical Activity Questionnaire). Participants were not blinded to intervention allocation, but the content of the exercise sessions was shared only with those allocated to the intervention group to prevent cross-contamination between groups. The kinesiologist who supervised the exercise sessions was not involved in the pre- and post-intervention evaluations. The team member who ran the pre- and post-intervention evaluations and who managed the database was not blinded to group allocation.

Intervention

Intervention group

Women randomized to the intervention group received standard prenatal care, including basic information on what to do when suffering from LBPP which is provided in the practical guide *From Tiny Tot to Toddler* (19), and participated in a motor control exercise program, consisting of

three 40-min exercise sessions per week. One session was supervised by a kinesiologist and was delivered via the Zoom platform (once a month, this session took place in person at the Université du Québec à Trois-Rivières) and two sessions were unsupervised and done at home. All sessions, supervised and unsupervised, included a 5-min warm-up period followed by specific exercises aimed at strengthening muscles of the lumbo-pelvic-hip core complex in order to improve stabilization and alignment of the spine and pelvis (transversus abdominis, internal obliques, multifidus, pelvic floor, thigh, and hip muscles) (20, 21). All sessions ended with a 5-minute stretching. No specific equipment was needed to complete the program. The exercise program started before 20 weeks of gestation and ended at 34–36 weeks of gestation. Several options for each exercise were offered in order to adapt the exercise program to the stage of pregnancy and related discomfort. The objective was to ensure a safe and individualized program for each participant, and favor adherence. For more details, see Figure 19.


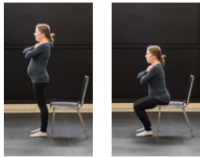

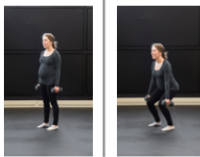
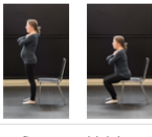
Exercise to strengthen the thigh and pelvic muscle			
Exercise 1			
Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
 <p>Isometric wall chair</p>	 <p>Squat on a chair</p>	 <p>Squat using bodyweight</p>	 <p>Squat using bodyweight & additional weight</p>
<p>Option 2</p>  <p>Squat on a high box</p>		<p>Stand in front of a chair with your feet hip-width apart. Place your hands on your shoulders. Sit on the chair and return to the starting position.</p>	
		Set: 2	Break between sets: 90 secondes
		Repetition: 12	Break between repetitions: X
		Tempo: 2-1-2	Duration : X
Séquence de mouvements		12 repetitions, break (90 sec.), 12 repetitions.	

Figure 19. – Examples of an exercise (offering different levels of difficulty) for strengthening the thigh and pelvic muscles. Several information was included on the participant's exercise program: technical points for performing the exercise, number of sets and repetitions, tempo or duration of the exercise as well as duration of break between sets or repetitions.

Control group

Women randomized to the control group received standard prenatal care only, including basic information on what to do when suffering from LBPP which is provided in the practical guide *From Tiny Tot to Toddler* (19). At 6-8 weeks postpartum, women from the control group were contacted in order to assess their needs regarding an exercise program to be developed for them.

Data collection

Primary outcome measures

- Feasibility components: recruitment, retention, and adherence rate, safety and acceptability of the intervention

The feasibility parameters included recruitment, retention and adherence rates as well as safety and acceptability of the intervention. The recruitment rate was determined by the ability to recruit eligible pregnant women throughout a 12-month period. Feasibility of recruitment was defined as being able to recruit 40 women on a 12-month period. The retention rate was assessed using completion of pre- and post-intervention questionnaires. A successful retention rate was defined as a retention rate of $\geq 80\%$ of recruited women. The adherence rate was defined as the attendance to the supervised and unsupervised exercise sessions. Completion of the unsupervised home exercise sessions (warm-up, muscle strengthening and stretching components of the exercise program) was verified at each supervised exercise session with the kinesiologist and recorded in the women's file. A successful adherence rate was defined as adherence rate of $\geq 75\%$ to the supervised and unsupervised exercise sessions.

The safety of the intervention was determined based on the number of adverse events, which were defined as symptom flare-ups that prevented a woman from taking part in subsequent exercise session or injuries requiring medical attention. Those flare-ups were noted by the kinesiologist at each supervised exercise session in the women's file. Finally, the acceptability of the intervention (i.e., how the intervention was perceived by the participants) was assessed using 5-point Likert scales. The question asked was: "For the supervised and unsupervised exercise sessions, please rate

on a scale from 0 to 5 your overall level of acceptability (i.e., choice, progression and intensity of the exercises, balance between supervised and unsupervised exercise sessions, mode of the supervised exercise sessions (via Zoom or in-person), considering that 5 represents the highest level of acceptability of the intervention.

Secondary outcome measures

- LBPP frequency, and intensity; LBPP-related disability

At the pre-intervention visit, the presence of LBPP was evaluated using recommended clinical tests (6, 18). At the pre- and post-intervention visits, current LBPP intensity was evaluated by a visual analog scale (0 to 100) and functional disability associated with LBPP-related pregnancy was measured using the Pelvic Girdle Questionnaire (PGQ) (22). Throughout the intervention, participants from both groups received weekly text messages to collect information about LBPP frequency (number of days) and intensity (mean LBPP intensity during the day and night in the last week, using a visual analog scale 0 to 100), and any other treatments women had received over the past week. The question asked was: Please indicate if you have received any treatments (number and type of treatment) related to your LBPP over the past week.

Additional questionnaires

Other variables were measured pre- and post-intervention as they were considered potential confounding factors. Physical activity levels were assessed with the Pregnancy Physical Activity Questionnaire (PPAQ). This questionnaire provides a comprehensive assessment of four PA domains including “Sports and Exercises”, “Household and Caregiving”, “Transportation”, and “Occupation” (23). Fear avoidance behavior was measured using the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK) (24) which evaluates the fear of movement and PA resulting from being afraid to get hurt (25). Anxiety levels were measured using the State-Trait Anxiety Inventory (STAI-Y) (26). This questionnaire comprises two distinct scales: situational anxiety (current emotional state of the individual) and anxiety trait (emotion intensity). Finally, depression levels were assessed by the Beck Depression Inventory (BDI) which evaluates different specific

behavioral manifestation of depression (27). More details about these questionnaires and scoring methods have been published elsewhere (15).

Additional information collected

At the pre-intervention visit, the following information were collected: age, gestational age, pre-pregnancy weight, height and educational level. Weight was also measured at the pre- and post-intervention visits to calculate gestational weight gain during the intervention as it might be a confounding factor.

Statistical analysis

Demographic and pre-intervention characteristics of the women are presented using means and 95% confidence intervals and/or n and percentages. Student's t-test for independent samples and his equivalent for nonparametric data (Friedman test) (for continuous variables), as well as the Pearson chi-square test (for categorical variables) were used to compare characteristics of the women from intervention and control group. The effect of the intervention on LBPP intensity (currently) and related disability, and on weekly LBPP frequency and nocturnal and diurnal intensity, was assessed using repeated-measures ANOVA using group (intervention versus control) and time (pre- versus post-intervention) variables. For data collected on a weekly basis (LBPP frequency and nocturnal and diurnal intensity), data obtained in the first three and last three weeks of data collection were averaged. The level of significance was set at $p < 0.05$.

Results

Primary outcomes measures

Figure 20 presents the flow chart of the study. The study was presented to 116 eligible women, of which 32 were recruited over a 14-month period. Our recruitment objective of 40 participants in 12 months was therefore not reached. Reason for not agreeing to participate was mostly associated with time commitment. Two participants randomized to the intervention group dropped out after

the randomization and therefore never started the intervention. Twenty-six participants (11 in the intervention group and 15 in the control group) completed the final questionnaires at the post-intervention visit, with an overall retention rate of 81.3%. Our retention rate therefore reached our progressive criteria of $\geq 80\%$ of recruited women. For more details about reasons for lost to follow-up, see Figure 20.

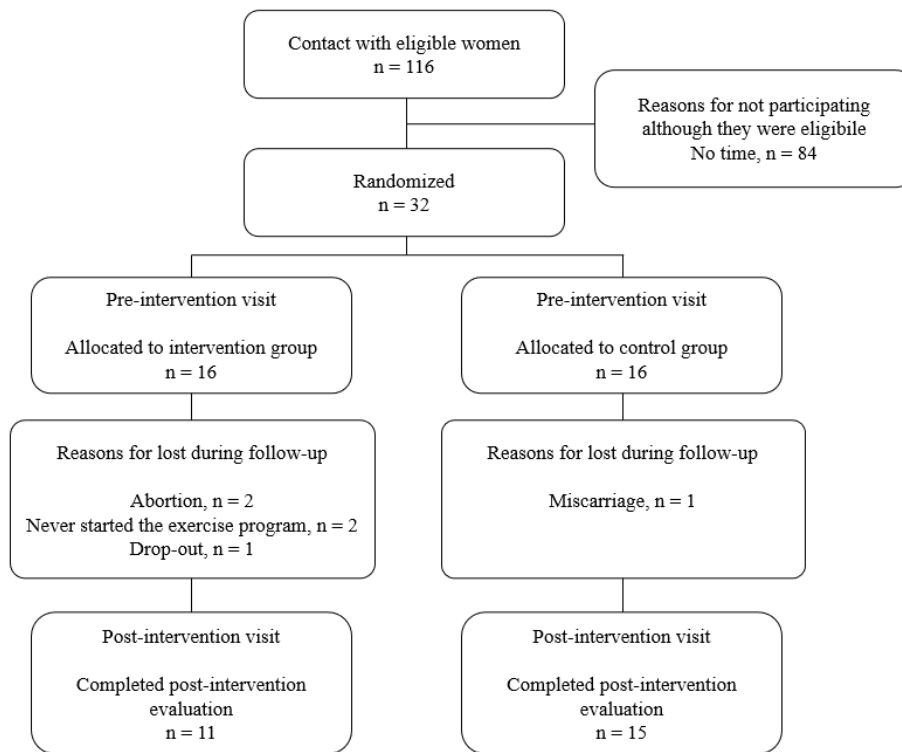


Figure 20. – Flowchart of the pilot trial.

On average, the intervention lasted 14 weeks (range: 4-20). Adherence rate is presented in Figure 21. Overall, 20 participants (71.4%) realized $\geq 75\%$ and eight participants (28.6%) realized $< 75\%$ of all possible supervised and unsupervised exercise sessions. When looking only at supervised exercise sessions, 12 participants (85.7%) realized $\geq 75\%$ and two participants realized $< 75\%$ of all possible exercise sessions. Regarding unsupervised exercise sessions, eight participants (57.1%) realized $\geq 75\%$ and six participants (42.9%) realized $< 75\%$ of all possible exercise sessions. Our adherence rate therefore reached our progressive criteria (i.e., participation to $\geq 75\%$ of all possible exercise sessions) for the supervised but not for the unsupervised exercise sessions.

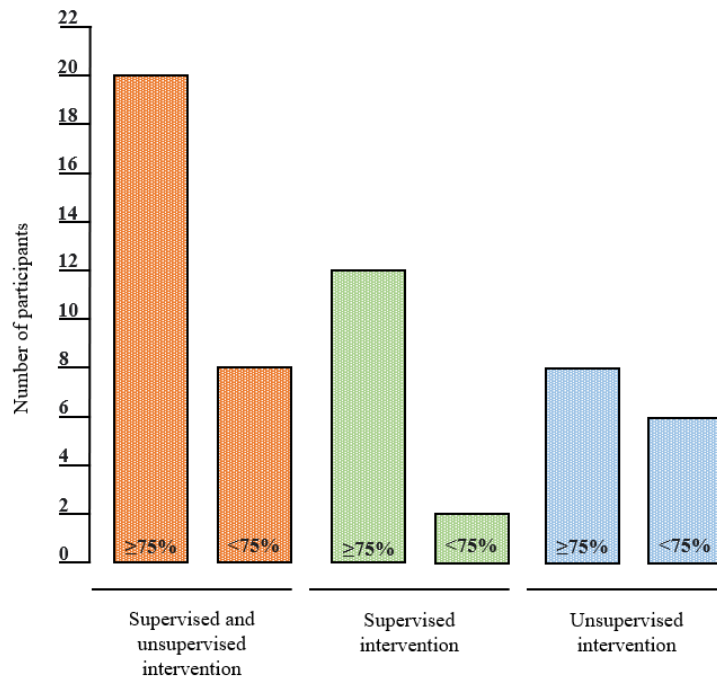


Figure 21. – Adherence rate during supervised and unsupervised exercise sessions.

Concerning the safety of the intervention, no participant reported adverse events over the course of the intervention. Eleven participants in the intervention group assessed the acceptability of the intervention which was higher for the supervised exercise sessions (4.59/5, 95% CI [4.3, 4.9]) compared to unsupervised exercise sessions (3.98/5, 95% CI [3.7, 4.3]), $p < 0.001$). Generally, participants described the supervised exercise sessions as more motivating, mainly because of the interaction with the kinesiologist and the possibility to immediately adjust the exercises if needed, either by correcting the movement or by changing the level of difficulty. On the other hand, unsupervised exercise sessions were appreciated because women were able to perform the exercise program whenever they wanted but they were less motivated to realise the program and thus sometimes shortened their exercise session, either by decreasing breaks' duration between exercises or removing strengthening or stretching exercises from the program.

Demographic and pre-intervention characteristics of the participants

Demographic and pre-intervention characteristics of the 32 women recruited are presented in Table 11. Demographic characteristics were similar between women in the intervention and control group, except for the level of education that was higher in the control group, with more women holding a university degree ($\chi^2 = 4.80$, $p = 0.03$), and parity that tended to be higher in the intervention group ($\chi^2 = 3.14$, $p = 0.08$). Regarding other outcomes assessed pre-intervention, either secondary outcome measures (LBPP intensity and related disability) or additional outcomes (PA levels, kinesiophobia, anxiety and depression), no differences were found. At study inclusion, 27 participants presented current LBPP and five presented a history, but no current LBPP.

Table 11 – Demographic and pre-intervention characteristics of the participants.

	Intervention group (N = 16)	Control group (N = 16)	<i>p</i>
Pre-pregnancy characteristics			
Age (years)	29.9 [26.8, 32.9]	30.9 [28.9, 32.8]	0.56
History of LBP prior to current pregnancy			
Yes	12 (75.0%)	10 (62.5%)	0.45
No	4 (25.0%)	6 (37.5%)	
Parity			
0	5 (31.3%)	10 (62.5%)	0.08
≥ 1	11 (68.8%)	6 (37.5%)	
Education level			
Non-university degree	9 (56.3%)	3 (18.8%)	0.03
University degree	7 (43.8%)	13 (81.3%)	
Pre-pregnancy BMI (kg/m ²)	24.6 [21.3, 28.0]	24.7 [21.4, 28.0]	0.98
Pre-pregnancy BMI categories			
< 25.0	10 (62.5%)	11 (68.8%)	0.88
25.0 to 29.9	3 (18.8%)	3 (18.8%)	
≥ 30.0	3 (18.8%)	2 (12.5%)	

CI, confidence interval. Data are presented as mean [95% CI] or n (%). BMI: body mass index; LBP: low back pain.

Table 11 (suite)

	Intervention group (N = 16)	Control group (N = 16)	<i>p</i>
Pre-intervention characteristics			
Current LBPP			
Yes	13 (81.3%)	14 (87.5%)	0.66
No	3 (18.8%)	2 (12.5%)	
Current LBPP intensity (/100)	24.1 [10.2, 37.9]	29.5 [14.1, 45.0]	0.58
PGQ	21.0 [13.3, 28.7]	31.4 [23.3, 39.5]	0.06
PPAQ	259.7 [191.6, 327.8]	230.8 [189.9, 271.7]	0.44
TSK	32.3 [28.8, 35.7]	31.7 [28.1, 35.3]	0.81
STAI-Y ^a	32.7 [27.3, 38.1]	30.1 [25.9, 34.3]	0.42
STAI-Y ^b	35.6 [29.5, 41.6]	36.6 [31.8, 41.4]	0.79
BDI	7.9 [4.9, 10.9]	8.0 [5.7, 10.3]	0.97
Current weight (kg)	67.8 [59.6, 75.9]	70.2 [58.7, 81.6]	0.72

CI, confidence interval. Data are presented as mean [95% CI] or n (%).

LBPP: lumbopelvic pain; Pelvic Girdle Questionnaire – score of disability (% disability); Pregnancy Physical Activity Questionnaire – Total activity (MET-h·wk⁻¹); Tampa Scale of Kinesiophobia (/68); State-Trait Anxiety Inventory - ^asituational anxiety (/80), ^banxiety trait (/80); Beck Depression Inventory (/63)

Effect of the intervention on secondary outcomes measures and additional outcomes

Results showed that changes between pre- and post-intervention in all secondary outcomes measures, as well as in all additional outcomes, were similar in women from the intervention group and those from the control group (Table 12).

Table 12 – Changes between pre- and post-intervention visit for each group.

	Intervention group (N = 11)	Control group (N = 15)	<i>p</i>
Secondary outcomes			
Current LBPP intensity (/100)	8.3 [-6.3, 22.8]	7.3 [-11.5, 14.1]	0.44
PGQ	15.9 [5.3, 26.4]	12.4 [4.2, 20.7]	0.58
Additional outcomes			
Weight (kg)	7.3 [5.3, 9.3]	8.4 [6.5, 10.2]	0.41
PPAQ	-37.2 [-74.7, 0.2]	-17.9 [-45.6, 9.8]	0.36
TSK	0.8 [-1.8, 3.4]	1.8 [-2.1, 5.7]	0.68
STAI-Y ^a	0.1 [-4.7, 4.9]	1.8 [-3.5, 7.1]	0.62
STAI-Y ^b	-3.0 [-13.2, 7.2]	-1.7 [-1.7, -5.7]	0.78
BDI	-0.5 [-4.5, 3.6]	0.9 [-2.5, 4.4]	0.58

CI, confidence interval. Data are presented as mean change [95% CI].

LBPP: lumbopelvic pain; Pelvic Girdle Questionnaire – score of disability (% disability); Pregnancy Physical Activity Questionnaire – Total activity (MET·h·wk⁻¹); Tampa Scale of Kinesiophobia (/68); State-Trait Anxiety Inventory - ^asituational anxiety (/80), ^banxiety trait (/80); Beck Depression Inventory (/63)

When we compared weekly LBPP frequency and nocturnal and diurnal intensity obtained during the first 3 and last 3 weeks of data collection between the groups (Table 13 and Figure 22), we found no significant effect of the intervention. However, based on Figure 22, interesting trajectories are emerging.

Table 13 – First and last three weeks of data collection for both groups.

	Intervention group		Control group		Effects		
	First 3 weeks (N = 14)	Last 3 weeks (N = 10)	First 3 weeks (N = 15)	Last 3 weeks (N = 14)	Group	Time	Group x Time
LBPP frequency (/7)	6.1 [5.2, 7.0]	5.6 [3.9, 7.3]	5.71 [4.8, 6.6]	5.6 [4.4, 6.8]	0.93	0.66	0.92
Nocturnal LBPP intensity (/100)	24.9 [9.2, 40.7]	17.5 [2.9, 32.2]	23.7 [12.0, 35.5]	23.0 [10.6, 35.3]	0.85	0.58	0.40
Diurnal LBPP intensity (/100)	28.2 [16.0, 40.5]	21.4 [10.8, 31.9]	34.7 [26.0, 43.5]	34.4 [22.3, 46.5]	0.20	0.31	0.37

CI, confidence interval; LBPP, lumbopelvic pain. Data are presented as mean [95% CI]. Data obtained in the first and last three weeks of data collection were averaged.

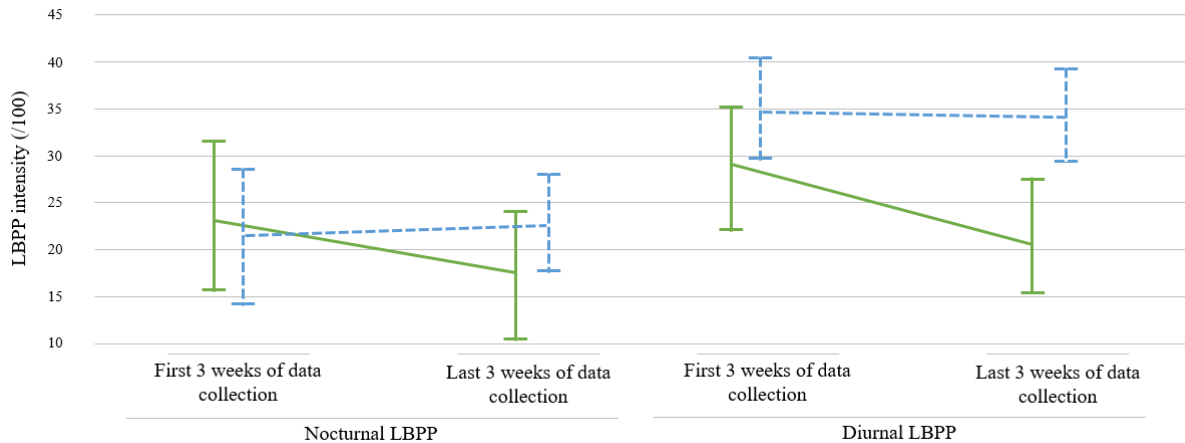


Figure 22. – Means and standard error for weekly nocturnal and diurnal LBPP for both groups (intervention, green line and control group, blue dash line) throughout the study. Data obtained in the first and last three weeks of data collection were averaged.

Lastly, we looked at treatment received by the participants over the course of the study. Results showed that women in the control group received more treatments than those in the intervention group (102 versus 41, $p < 0.05$) (Figure 23). For both groups, the most commonly used treatment was chiropractic care, which represented almost half of the treatments received (intervention group = 42.2%, control group = 53.7%). In the intervention group, three women reported receiving chiropractic care, one woman reported using other treatments (e.g., abdominal belt and muscle relaxants), three women reported receiving massage therapy, two women reported consulting in physiotherapy and one woman reported receiving acupuncture treatment. In the control group, nine women reported receiving chiropractic care, eight women reported receiving massage therapy, seven women reported using other treatments (e.g., medication, heat or cold application, prenatal yoga, stretching, self-massage and abdominal belt), five women reported consulting in physiotherapy and four women in osteopathy.



Figure 23. – Proportion of treatment received by participants outside of the study. The intervention group is shown in green, and the control group is shown in blue. "N" presented refers to the number of treatment sessions received by the participants.

Discussion

Thirty-two pregnant women were recruited for this study whose objectives were to assess the feasibility of implementing a motor control exercise program for pregnant women presenting a history of LBPP or currently suffering from LBPP and to explore the preliminary effectiveness of such program. The study results showed that the motor control exercise intervention was safe and that, according to the primary outcomes related to feasibility, a larger-scale trial investigating motor control exercises in pregnant women with LBPP would be feasible if proper strategies to increase recruitment, retention, and adherence issues were developed.

The Covid-19 pandemic likely affected our capacity to attain our recruitment objective of 40 participants in a 12-month period. The Covid-19 pandemic has affected the entire population, including pregnant women who frequently leave their homes for their pregnancy follow-ups. A study of 2740 pregnant women from 47 states in the United States showed that 25.5% of the women stopped their in-person pregnancy visits when Covid-19 began, while some women chose to do their visits by video (15.2%) or by telephone (31.8%) (28). As one of our recruitment modes was to meet women during their in-person pregnancy follow-ups to present them our project, we likely met fewer women due to the pandemic. Moreover, although we adapted our protocol to limit face-to-face visits, it is nevertheless possible that pregnant women were reluctant to participate in a project requiring face-to-face visits outside of the environments they are used to dealing with. Over 80% of recruited women completed the post-intervention visit and had a good adherence to the exercise sessions (overall adherence rate of 71.4%). Despite the Covid-19 pandemic, women were not reluctant to attend the monthly in-person exercise session at the university. According to established progression criteria (15), adherence will need to be improved for a larger trial and it will thus be important to find ways to improve it.

This study did not show significant effects of the intervention on neither current LBPP intensity, nocturnal and diurnal LBPP intensity over the past three weeks, nor on LBPP frequency. This could be explained by different reasons. First, the low level of LBPP intensity and associated disability the women presented at the pre-intervention visit. Our data indeed showed that they had moderate

LBPP intensity (cut-off ranges/100: no pain 0-2 mm, mild pain 2-17 mm, moderate pain 17-47 mm, severe pain 47-77 mm, very severe pain 77-96 mm, most severe pain imaginable 96-100 mm) (29) which was associated with mild disability (22). The lower intensity of LBPP is at the beginning of an intervention, the more difficult it will be to significantly decrease it. Second, women reported that they sometimes shortened their unsupervised exercise sessions, and this also might have reduced the effectiveness of the intervention. The reasons might be multifactorial: their levels of kinesiophobia were borderline high (cut off ranges/68: low fear of movement < 37 and high fear of movement > 37) (29), which might have affected their participation to unsupervised exercise sessions, and the majority of women in the intervention group had one or more child, which might have affected the time they had to perform their exercise program. Based on the women's feedback, including more supervised exercise sessions would be an option to increase adherence and likely the effectiveness of the intervention, as they were considered more motivating, and participation was better than unsupervised exercise sessions. Another option would be to find ways to increase motivation of women to perform their unsupervised exercise sessions, by creating, for example, a sense of belonging to the project or a competition between the participants. In addition, when looking at the treatments received outside of the study, we found that the control group used more treatments than the intervention group. The reason is difficult to identify but might be due to higher financial capacity of women, or to greater LBPP that needed to be managed, in the control group. Indeed, despite the randomization, more women holding a university degree were randomized to the control group. In this case, the use of these treatments may have reduced LBPP intensity in the control group and therefore limited our ability to find an effect the intervention on LBPP intensity and recurrence.

We believe that a larger scale intervention would decrease the risk of imbalance between groups. The addition of education level, as well as parity as minimization criteria would then be possible with a larger sample. Also, using treatment received outside the intervention as a confounding factor should be considered in the future. Nevertheless, interesting trajectories emerged regarding nocturnal and diurnal LBPP intensity averaged over a 3-week period, with trajectories either differing from each other group or going in opposite directions. It should be noted that LBPP intensity was assessed in two different ways that generated different results. At the pre- and post-

intervention visits, current LBPP intensity was assessed, whereas nocturnal and diurnal LBPP intensity was averaged using the first three weeks and last three weeks of data collection. For a future trial, it will be more relevant and representative of usual LBPP to use weekly LBPP intensity and average it over a period of three weeks rather than assessing LBPP intensity at a specific time, since it can vary across the day and even across a week (30).

A recent systematic review and meta-analysis including six randomized controlled studies investigated the short- and long-term effect of exercise (water exercise, aerobics, strengthening, endurance, balance, stretching and relaxation) on the prevention of LBP, PGP and LBPP episodes during pregnancy (31). The pooled results showed that exercise only reduced the risk of LBP episodes in the long term (RR 0.92, 95% CI [0.85-0.99], moderate quality of evidence), but not when exercise was combined with education in the short term (RR 1.06, 95% CI [0.85-1.31], moderate quality of evidence) and long term (RR 1.05, 95% CI [0.85-1.30], moderate quality of evidence). No significant results were found for the prevention of PGP or LBPP (31). Another systematic review including nine studies evaluated the effectiveness of pelvic floor muscle training in reducing the intensity of LBPP and associated disability in women (32). Two of these studies were conducted in pregnant women (142 participants) and showed that pelvic floor muscle training (PFMT) was more effective than minimal intervention (basic education about LBP care, body posture and ergonomic advice) in improving LBPP intensity and LBPP-related disability (low quality of evidence) (32). However, based on the available literature, we currently don't know which type of exercise is more effective in preventing LBPP or reducing its intensity.

Strengths and limitations

Our randomized controlled pilot trial has strengths and limitations that should be discussed. Among the strengths, we developed a motor control exercise program that was tailored to the stage of pregnancy and related LBPP discomfort, as well as the level of experience (or PA habits) of the women. Due to the Covid-19 pandemic, we had to adapt our protocol and included telerehabilitation (i.e., means of delivering rehabilitation interventions through digital technologies and communication). It may have had a positive impact on recruitment, retention and adherence

rates and would deserve to be considered as a way to deliver the intervention in a future larger trial. Limitations of our study includes the low LBPP intensity and associated disability reported by the participant at baseline, the higher education level (and parity, borderline) of women in the intervention group, the greater use of treatment outside of the study by women in the control group and the small sample size and associated lack of statistical power. All these aspects could have potentially prevented us to find a significant effect of the intervention. Finally, the overall over-representation of highly educated pregnant women suggests a possible selection bias and a limited external validity of our study.

Conclusion

Our randomized controlled pilot study suggests that it is safe to perform a motor control exercise program in a population of pregnant women with a history of, or currently suffering from LBPP, and that a larger-scale trial would be feasible if proper strategies to increase recruitment, retention, and adherence issues were developed. Although the efficacy of the intervention was not demonstrated, promising results emerged and suggested that it would be highly relevant to follow the evolution of nocturnal and diurnal LBPP intensity on a weekly basis, rather than assessing pre- and post-intervention actual LBPP intensity.

List of abbreviations

BDI: Beck Depression Inventory, BMI: body mass index, CIUSSS-MCQ: Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec, CI: confidence interval, LBP: low back pain, LBPP: lumbopelvic pain, PA: physical activity, PFMT: pelvic floor muscle training, PGP: Pelvic girdle pain, PGQ: pelvic girdle questionnaire, PPAQ: Pregnancy Physical Activity Questionnaire, RR: relative risk, STAI-Y: State-Trait Anxiety Inventory, TSK: Tampa Scale Questionnaire.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

This study was approved by the institutional review boards of the Université du Québec à Trois-Rivières (CER-19-259-07.20) and the Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ) (CÉRM-2019-004-01).

Consent for publication

Not applicable.

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed for the current study is available from the corresponding author on reasonable request.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Funding

This study was supported by the Chaire de recherche internationale en santé neuromusculosquelettique, the Chaire de recherche junior de l'UQTR en activité physique et santé maternelle et néonatale and the Réseau Provincial de Recherche en Adaptation-Réadaptation (REPAR).

Author's contributions

CD contributed to the conception and design of the study, recruitment, data acquisition, analysis and interpretation and writing of the manuscript. VB, AAM, AB, JO contributed to the conception of the study and revision of the manuscript. VB contributed to the recruitment. SMR and MD contributed to the conception and design of the study, data analysis and interpretation and writing of the manuscript (supervision of the student when writing the manuscript, revision and correction of the manuscript).

Acknowledgements

A special thank you to the clinique de gynécologie et d'obstétrique de Trois-Rivières for their valuable help with recruitment. We also thank the clinique de périnatalogie de Trois-Rivières and the department of gynecology and obstetrics at the hospital for disseminating our project. We would like to thank all the women who participated to this study.

References

1. Organization WH. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: web annex: evidence profiles. 2020.
2. Mottola MF, Davenport MH, Ruchat S-M, Davies GA, Poitras V, Gray C, et al. N° 367-2019 Lignes Directrices Canadiennes Sur L'activité Physique Durant La Grossesse. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*. 2018.
3. Evenson KR, Wen F. Prevalence and correlates of objectively measured physical activity and sedentary behavior among US pregnant women. *Preventive medicine*. 2011;53(1-2):39-43.
4. Silva-Jose C, Sánchez-Polán M, Barakat R, Gil-Ares J, Refoyo I. Level of Physical Activity in Pregnant Populations from Different Geographic Regions: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(15):4638.
5. Bergström C, Persson M, Mogren I. Pregnancy-related low back pain and pelvic girdle pain approximately 14 months after pregnancy—pain status, self-rated health and family situation. *BMC pregnancy and childbirth*. 2014;14(1):48.
6. Vleeming A, Albert HB, Östgaard HC, Sturesson B, Stuge B. European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *European Spine Journal*. 2008;17(6):794-819.
7. Bø K, Stuge B, Hilde G. Specific Musculoskeletal Adaptations in Pregnancy: Pelvic Floor, Pelvic Girdle, and Low Back Pain: Implications for Physical Activity and Exercise. In: R S-R, editor. *Exercise and Sporting Activity During Pregnancy*: Springer; 2019. p. 135-56.
8. Landmark T, Romundstad PR, Borchgrevink PC, Kaasa S, Dale O. Longitudinal associations between exercise and pain in the general population-the HUNT pain study. *PloS one*. 2013;8(6):e65279.

9. Chan CW, Au Yeung E, Law BM. Effectiveness of physical activity interventions on pregnancy-related outcomes among pregnant women: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(10):1840.
10. Macedo LG, Maher CG, Latimer J, McAuley JH. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Physical therapy*. 2009;89(1):9-25.
11. Moheboleslam Z, Mohammad Rahimi N, Aminzadeh R. A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials of Stabilizing Exercises for Lumbopelvic Region Impact in Postpartum Women With Low Back and Pelvic Pain. *Biological Research For Nursing*. 2022;24(3):338-49.
12. Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*. 2001;26(11):e243-e8.
13. Aldabe D, Ribeiro DC, Milosavljevic S, Bussey MD. Pregnancy-related pelvic girdle pain and its relationship with relaxin levels during pregnancy: a systematic review. *European Spine Journal*. 2012;21(9):1769-76.
14. Greenwood CJ, Stainton MC. Back pain/discomfort in pregnancy: invisible and forgotten. *The Journal of perinatal education*. 2001;10(1):1.
15. Daneau C, Marchand A-A, Bussi eres A, O'Shaughnessy J, Ruchat S-M, Descarreaux M. Effects of a motor control exercise program on lumbopelvic pain recurrences and intensity in pregnant women with a history of lumbopelvic pain: a study protocol for a randomized controlled feasibility trial. *Pilot and Feasibility Studies*. 2022;8(1):1-9.
16. Hertzog MA. Considerations in determining sample size for pilot studies. *Research in nursing & health*. 2008;31(2):180-91.

17. Lardon E, St-Laurent A, Babineau V, Descarreaux M, Ruchat S-M. Lumbopelvic pain, anxiety, physical activity and mode of conception: a prospective cohort study of pregnant women. *BMJ Open*. 2018;8(11):e022508.
18. Sivayogam A, Banerjee A. Diagnostic performance of clinical tests for sacroiliac joint pain. *Physical therapy reviews*. 2011;16 (6):462-7.
19. (INSPQ) INdSPdQ. From Tiny Tot to Toddler : A practical guide for parents from pregnancy to age two 2019 [Available from: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/mieux-vivre/pdf/tt2019_guide_complet.pdf].
20. Kahyaoglu Sut H, Balkanli Kaplan P. Effect of pelvic floor muscle exercise on pelvic floor muscle activity and voiding functions during pregnancy and the postpartum period. *Neurourology and urodynamics*. 2016;35(3):417-22.
21. Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS, Manske RC. *Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation*: Elsevier Health Sciences; 2015.
22. Girard M-P, Marchand A-A, Stuge B, Ruchat S-M, Descarreaux M. Cross-cultural adaptation of the Pelvic Girdle Questionnaire for the French-Canadian population. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2016;39(7):494-9.
23. Chandonnet N, Saey D, Alm eras N, Marc I. French Pregnancy Physical Activity Questionnaire compared with an accelerometer cut point to classify physical activity among pregnant obese women. *PloS one*. 2012;7(6):e38818.
24. Miller RP, Kori SH, Todd DD. The Tampa Scale: a measure of kinesiophobia. *The Clinical Journal of Pain*. 1991;7(1):51.

25. French DJ, Roach PJ, Mayes S. Peur du mouvement chez des accidentés du travail: L'Échelle de Kinésiophobie de Tampa (EKT). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*. 2002;34(1):28.
26. Gauthier J, Bouchard S. Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*. 1993;25(4):559.
27. Bourque P, Beaudette D. Étude psychométrique du questionnaire de dépression de Beck auprès d'un échantillon d'étudiants universitaires francophones. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*. 1982;14(3):211.
28. Moyer CA, Compton SD, Kaselitz E, Muzik M. Pregnancy-related anxiety during COVID-19: a nationwide survey of 2740 pregnant women. *Archives of women's mental health*. 2020;23:757-65.
29. Aicher B, Peil H, Peil B, Diener H. Pain measurement: Visual Analogue Scale (VAS) and Verbal Rating Scale (VRS) in clinical trials with OTC analgesics in headache. *Cephalalgia*. 2012;32(3):185-97.
30. Carvalho MECC, Lima LC, Terceiro CA dL, Pinto DRL, Silva MN, Cozer GA, et al. Low back pain during pregnancy. *Revista brasileira de anestesiologia*. 2017;67:266-70.
31. Santos FF, Lourenço BM, Souza MB, Laísa BM, Oliveira VC, Oliveira MX. Prevention of low back and pelvic girdle pain during pregnancy: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials with GRADE recommendations. *Physiotherapy*. 2022.
32. Vesentini G, Prior J, Ferreira PH, Hodges PW, Rudge M, Ferreira ML. Pelvic floor muscle training for women with lumbopelvic pain: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Pain*. 2020;24(10):1865-79.

Chapitre 6 – Discussion

Dans le cadre des travaux réalisés au cours de la thèse, nous avons tenté, par l’entremise de quatre études (quatre présentées dans la thèse sous forme d’articles scientifiques et un article de protocole de recherche présenté en annexe), de répondre à la question suivante :

Quelle est la contribution des facteurs hormonaux, neuromécaniques et cliniques au développement et à l’évolution des douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte pour éventuellement déterminer quelles sont les approches à adopter en matière d’évaluation, de traitement et de prévention de ces douleurs.

Les travaux réalisés ont regroupé différentes approches théoriques, méthodologiques et expérimentales qui ont permis d’améliorer les connaissances portant sur les interactions entre les changements hormonaux, neuromécaniques et cliniques potentiellement responsables des DLP chez la femme au cours de la grossesse. La première section de cette discussion se veut donc une synthèse des principaux résultats issue des travaux de la thèse.

Dans un premier temps, une revue intégrative de la littérature, dont l’objectif était de documenter et de quantifier les associations potentielles entre certaines hormones de grossesse et la présence et l’intensité des DLP chez la femme enceinte. Elle a aussi permis d’identifier et de décrire les différentes approches et les outils de mesures choisis pour étudier ces variables. Cette étude a montré une association entre les niveaux de relaxine et la présence de DLP dans quatre études, tandis que cinq études n’ont pas montré d’association. Une étude s’est intéressée aux niveaux d’œstrogène et de progestérone. Elle a montré que les niveaux de progestérone étaient significativement plus élevés chez les femmes enceintes souffrant de DLP comparativement à celles qui n’en souffraient pas, tandis que les concentrations d’œstrogène étaient similaires dans les deux groupes. Conclusion : la littérature a montré des preuves contradictoires quant à l’association entre les hormones liées à la grossesse et les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne chez

les femmes enceintes. Les outils d'évaluation utilisés pour étudier les caractéristiques de la douleur lombo-pelvienne et les hormones liées à la grossesse étaient hétérogènes d'une étude à l'autre. Compte tenu des preuves limitées et contradictoires, ainsi que de l'hétérogénéité des outils d'évaluation et de la qualité globale médiocre de la littérature, l'association entre les hormones liées à la grossesse et les caractéristiques des DLP n'est pas claire.

Dans un deuxième temps, une étude narrative présente différents mécanismes qui pourraient expliquer le développement des DLP chez les femmes enceintes. Les changements hormonaux liés à la grossesse, caractérisés par une augmentation des niveaux de relaxine, d'oestrogène et de progestérone, sont potentiellement liés à l'hyperlaxité des ligaments et à l'instabilité articulaire, contribuant ainsi aux DLP. De plus, les changements biomécaniques induits par la croissance du fœtus peuvent modifier la posture, la répartition de charge et le stress mécanique sur les structures lombaires et pelviennes. Enfin, les adaptations neuromécaniques pendant la grossesse comprennent une augmentation de l'activation des muscles lombo-pelviens et une diminution de l'endurance des muscles du plancher pelvien. Il n'est pas encore clair si les changements dans le corps pendant la grossesse sont directement responsables des DLP. Ce modèle a été développé pour comprendre les mécanismes qui pourraient contribuer au développement des DLP pendant la grossesse. Ce modèle prend en compte les nombreux facteurs différents qui peuvent causer cette douleur et qui seront utiles pour orienter les recherches futures.

Dans un troisième temps, une étude de cohorte avait pour objectif principal de comparer l'évolution des hormones liées à la grossesse, les adaptations neuromécaniques et la douleur clinique tout au long de la grossesse. Le deuxième objectif exploratoire était d'étudier la possible corrélation entre ces variables. Les résultats ont montré que l'intensité de la DLP nocturne et diurne, l'incapacité physique, le risque de mauvais pronostic de la DLP ainsi que les comportements d'évitement ont augmenté alors que le catastrophisme lié à la douleur a diminué tout au long de la grossesse. Les caractéristiques neuromécaniques du PFR, y compris l'EMG et la cinématique, étaient similaires tout au long des trois trimestres. Les associations suivantes ont été trouvées : l'incapacité physique était corrélée au niveau d'oestrogènes et à l'angle lombaire au début de la PFR (changements entre le premier et le deuxième trimestre), tandis que les niveaux d'oestrogène et l'intensité de la DLP diurne étaient corrélés (changement entre le deuxième et le troisième trimestre). Ces résultats montrent que, chez les femmes enceintes souffrant de DLP légère, les caractéristiques

neuromécaniques du tronc lors de la PFR sont similaires tout au long de la grossesse et principalement non corrélées aux changements cliniques et hormonaux. Ces résultats suggèrent que la PFR n'est peut-être pas le test de prédilection pour étudier la stabilité vertébrale et pelvienne chez les femmes enceintes.

Finalement, une étude de faisabilité contrôlée et randomisée avait pour objectif principal d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'un programme d'exercices de contrôle moteur pour les femmes enceintes présentant un historique de DLP ou de DLP actuelles. L'objectif secondaire était d'évaluer l'efficacité préliminaire du programme d'exercices de contrôle moteur pour réduire la récurrence et/ou l'intensité des DLP et l'incapacité physique associée. Sur une période de 14 mois, 32 participantes ont été recrutées. Parmi elles, 26 (11 dans le groupe d'intervention et 15 dans le groupe contrôle) ont participé à la visite post-intervention (taux de rétention de 81,3 %). Le taux d'observance était similaire pour les séances d'exercices supervisées et non supervisées, bien que l'acceptabilité fût meilleure pour les séances supervisées par rapport aux séances non supervisées. Aucun événement indésirable n'a été signalé. À la rencontre pré-intervention, les caractéristiques des participantes étaient similaires entre les deux groupes, sauf pour le niveau d'éducation (plus élevé dans le groupe contrôle). Les résultats préliminaires n'ont montré aucune différence significative dans la fréquence, l'intensité et l'incapacité physique associées aux DLP entre les groupes, bien que des tendances prometteuses aient été observées. Le programme d'exercices de contrôle moteur est sûr et faisable avec de légères modifications (limiter les déséquilibres entre les groupes, minimiser l'effet des facteurs de confusion potentiels et améliorer l'adhésion). Bien que l'efficacité de l'intervention n'ait pas été significative, des résultats prometteurs ont été observés suggérant que son efficacité pourrait être démontrée en l'implémentant dans un essai contrôlé randomisé à plus grande échelle. L'efficacité du programme d'exercices peut être démontrée en l'implémentant dans un essai contrôlé randomisé à plus grande échelle.

Ces résultats permettent de constater que la relation qui existe entre les changements hormonaux, neuromécaniques et cliniques, et leur rôle dans le développement et l'évolution des DLP est complexe. D'autres études seront nécessaires pour mettre en lumière la nature de ces relations et éventuellement améliorer la prise en charge des DLP chez la femme enceinte. Les travaux présentés dans cette thèse ont permis d'établir un cadre théorique (article 2) qui permettra de baliser et guider les travaux futurs concernant les DLP.

Un cadre théorique pour les douleurs lombo-pelviennes chez la femme enceinte

Le modèle présenté dans cette thèse postule que chaque femme enceinte peut présenter un nombre variable de facteurs de risque de DL, DP ou de DLP. Pendant la grossesse, les femmes subissent plusieurs changements et adaptations qui peuvent être potentiellement modulés par d'autres caractéristiques individuelles et mécanismes biologiques tels que les changements dans la modulation de la douleur. Les interactions entre ces différents changements et adaptations restent pour la plupart à être étudiées (Daneau et al., 2021).

Le fait que plusieurs changements physiologiques survenant pendant la grossesse, y compris ceux qui affectent les comportements moteurs et le contrôle neuromusculaire, ne soient pas systématiquement associés aux DLP (ou à la possibilité de développer des DLP) suggère que les adaptations motrices pendant la grossesse puissent précéder les DLP, entre autres, chez les femmes qui auraient eu des épisodes de DL et/ou de DP avant la grossesse. Il semble donc essentiel de prendre en considération l'historique de DL antérieur puisque cet historique constitue l'un des prédicteurs de DLP chez la femme enceinte. De plus, il est important de considérer qu'à la suite de l'accouchement, les changements hormonaux, biomécaniques et neuromusculaires qui caractérisaient la grossesse s'atténuent graduellement (mais parfois que partiellement); ce qui pourrait expliquer la fréquence relativement élevée des DLP persistantes ou récurrentes en période post-partum, mais il reste pour l'instant difficile de déterminer si un renversement partiel des adaptations hormonales, biomécaniques (posture, mobilité articulaire, gain de poids, etc.) et neuromécaniques est associé à la présence des DLP persistantes en période post-partum.

Au regard de ce modèle et des travaux de laboratoire et clinique réalisés dans le cadre de cette thèse, il est maintenant possible de porter un regard plus large sur les différents éléments du modèle et leurs possibles interactions.

Changements hormonaux et cliniques

Les résultats de la première étude présentée (revue intégrative) dans cette thèse montre que l'association entre les changements hormonaux et cliniques demeure incertaine tout au long des neuf mois de grossesse. Que ce soit par l'évaluation clinique de la douleur (variation d'outils de mesure à travers les études) ou par les hormones de grossesse dosées et évaluées (majoritairement

la relaxine), les données recueillies jusqu'à présent ne permettaient pas de tirer des conclusions robustes quant à l'interaction possible entre les changements cliniques et hormonaux. Publiée en 2021, les articles éligibles dans le cadre de notre revue intégrative de la littérature dataient de 1986 à 2012 et comportaient quelques risques de biais dans différents critères lors de l'évaluation qui ne permettait pas de statuer sur la possible association entre les niveaux d'hormone et les variables cliniques. Les résultats de notre troisième et quatrième étude de la thèse permettent, à différents niveaux, de mieux apprécier les rôles et interactions potentiels entre les facteurs cliniques, neuromécaniques et hormonaux grâce : 1) aux trois hormones qui pourraient jouer un rôle dans le développement des DLP chez la femme enceinte, soit la relaxine, l'œstrogène et la progestérone et 2) des évaluations plus rapprochées des mesures de résultats cliniques telles que l'intensité et la présence des DLP pendant la grossesse.

Avec l'avancement de la grossesse, des changements et adaptations observables affectent le quotidien des femmes enceintes. Certains mouvements deviennent plus difficiles à exécuter tels que ramasser des objets au sol, se coucher, se lever, etc. L'intensité de la douleur et de l'incapacité physique mesurée dans le cadre de notre troisième et quatrième étude de cette thèse fait état de la réduction progressive des capacités fonctionnelles telles que mesurées par le *Pelvic Girdle Questionnaire*. En effet, du premier au troisième trimestre, les résultats obtenus au cours de notre troisième étude permettent d'observer une augmentation significative de l'incapacité physique perçue par la femme. La même tendance est observée pour les mesures d'intensité de la douleur nocturne et diurne (mesurée à l'aide de suivi hebdomadaire), les mesures du risque de mauvais pronostic en cas d'incapacité lombaire prolongée et la mesure de comportement d'évitement. À l'inverse, la mesure de catastrophisme face à la douleur a, quant à elle, diminué entre le premier et troisième trimestre et ce, malgré l'augmentation de l'intensité des DLP et de l'incapacité physique. Ceci suggère qu'en début de grossesse, les femmes peuvent ressentir plus de stress lié aux changements biomécaniques et adaptations neuromusculaires survenant dans leur corps, encore plus si la grossesse actuelle est la première pour la femme (première expérience). Dans notre troisième et quatrième étude, un total de 60 femmes enceintes ont décidé de participer à un des deux projets et de ce nombre, 27 femmes étaient primipares et 33 était multipares. Cette pensée de catastrophisme face à la douleur peut nuire à la bonne gestion des changements et adaptations, et possiblement contribuer à une gestion moins efficace des douleurs. Avec l'avancement de la grossesse, la femme peut développer des stratégies d'adaptation face aux douleurs qu'elle ressent.

Une étude de 2018 avait pour objectif d'analyser la prévalence et l'intensité des DLP liées à la grossesse, l'anxiété et les niveaux d'activité physique tout au long de la grossesse chez les femmes qui ont conçu spontanément ou après des traitements de fertilité (Lardon, St-Laurent, Babineau, Descarreaux, & Ruchat, 2018). Réalisée auprès de 59 femmes enceintes (premier, deuxième et troisième trimestre), les résultats de l'étude ont montré que la prévalence et l'intensité des DLP ont augmenté au cours de la grossesse, tandis que l'anxiété a diminué du début à la mi-grossesse. Donc, le fait que le catastrophisme face à la douleur diminue avec l'avancement de la grossesse pourrait être expliqué par la diminution de l'anxiété entre le début et la mi-grossesse. Les seules associations observées entre les changements hormonaux et cliniques se sont avérées être entre les niveaux d'œstrogène et l'incapacité physique (changement entre le premier et deuxième trimestre seulement) ainsi que l'intensité diurne des DLP (changement entre le premier et deuxième trimestre seulement). Sans l'évaluation hebdomadaire de l'intensité nocturne et diurne des DLP réalisée au cours de ces deux études, il aurait probablement été impossible d'observer cette association puisque la plupart des études prennent des mesures à des temps ponctuels et rapprochés.

Changements cliniques et adaptations neuromécaniques

Tel qu'abordé dans le paragraphe précédent, des changements cliniques ont été mesurés de façon subjective pendant la grossesse dont ceux concernant l'intensité nocturne et diurne des DLP ainsi que ceux concernant l'incapacité physique liée aux douleurs. Les femmes enceintes perçoivent donc une augmentation de leur incapacité physique (évaluation subjective), mais on connaît mal les mécanismes physiologiques qui sous-tendent ces changements qui affectent les femmes enceintes dans leurs tâches et mouvements du quotidien.

Dans la troisième étude présentée dans cette thèse, la tâche de flexion-relaxation du tronc a été choisie afin d'évaluer de façon indirecte les mécanismes de stabilisation de la région lombo-pelvienne (activation musculaire des érecteurs du rachis; ratio de flexion-relaxation; angle pelvien, lombaire et lombo-pelvien; flexion totale du tronc). Cependant, les résultats obtenus n'ont pas montré de changements importants au cours des trois trimestres et donc, aucune association particulièrement avec le statut clinique des femmes enceintes tout au long de leur grossesse. Malgré cette absence d'association entre les facteurs cliniques et neuromécaniques, certaines femmes enceintes présentaient le PFR avec et sans DLP (Figure 24). Ces observations remettent en question

les résultats observés par Sihvonen en 1998. Réalisée auprès de 63 femmes enceintes dont 32 avec des DL, les résultats de cette étude montraient une corrélation significative entre l'intensité des DL actuelle et le niveau d'activité des muscles du dos pendant la flexion du tronc (Sihvonen et al., 1998).

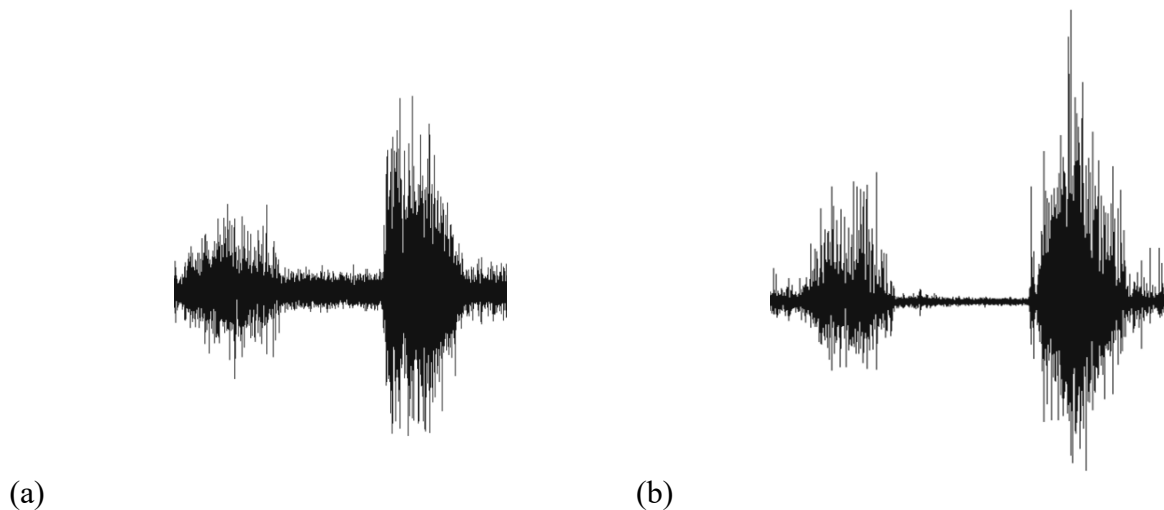


Figure 24. – Activation musculaire des érecteurs du rachis lors de la tâche de flexion-relaxation au troisième trimestre de grossesse (troisième étude).

(a) Le phénomène de flexion-relaxation du tronc est observé pour une participante ayant des douleurs lombo-pelviennes dont l'intensité des douleurs juste avant la réalisation de la tâche était de 15/100 (moyenne de l'intensité des DLP au cours du troisième trimestre, nocturne : 27/100 et diurne : 37/100). (b) Le phénomène de flexion-relaxation du tronc est observé pour une participante n'ayant pas ou peu de douleurs lombo-pelviennes dont l'intensité des douleurs juste avant la réalisation de la tâche était de 0/100 (moyenne de l'intensité des DLP au cours du troisième trimestre, nocturne : 0/100 et diurne : 6/100).

Changements hormonaux et adaptations neuromécaniques

Dans la troisième étude présentée dans cette thèse, le phénomène de flexion-relaxation a été utilisé comme mesure indirecte de la stabilité lombo-pelvienne. La cinématique des régions lombaire et

pelvienne a été mesurée, ce qui n'est pas le cas pour l'activation musculaire lors de cette tâche. En effet, seulement les muscles érecteurs du rachis (région lombaire) ont été enregistrés, bien que des adaptations auraient pu être observées dans la région pelvienne. Chez les adultes, on considère que les principes de *form* et *force closure* ont été définis pour décrire le mécanisme complexe de stabilité de la ceinture pelvienne (Vleeming & Schuenke, 2019). D'un côté, le mécanisme de *form closure* réfère à un état théorique stable d'une articulation avec des surfaces articulaires congruentes, où aucune force supplémentaire n'est nécessaire pour maintenir l'état stable du système pendant différents mouvements de la vie quotidienne (se pencher, s'asseoir, marcher, etc.). Les structures qui contribuent à la stabilité de la ceinture pelvienne par le mécanisme de *form closure* incluent (1) la configuration des surfaces articulaires interférentes; (2) les crêtes et rainures correspondantes des surfaces articulaires de la ceinture pelvienne et le coefficient de friction élevé qui en résulte; et (3) l'intégrité des ligaments de liaison, qui sont parmi les plus solides du corps. Bien que les changements d'hormones telles que la relaxine, l'œstrogène et la progestérone jouent un rôle dans la laxité ligamentaire chez la femme enceinte, ces changements, qui devraient perturber les mécanismes de stabilité lombo-pelvienne, ne se manifestent pas dans les paramètres du phénomène de flexion-relaxation. Chaque hormone ayant sa variation propre au cours des trimestres fera en sorte que les structures autres que les ligaments devront être utilisées afin de permettre une stabilité de la région lombo-pelvienne.

Plusieurs structures anatomiques des régions lombaire et pelvienne seront soumises aux changements hormonaux ainsi qu'à des adaptations neuromécaniques pendant la grossesse se traduisant par une augmentation du stress mécanique. Il reste à savoir si ces changements et adaptations sont suffisants, adéquats et efficaces pour maintenir la région lombo-pelvienne stable pendant la grossesse.

Nous avons proposé un modèle permettant d'apprécier les causes potentielles des DLP et leurs possibles interactions. Ce modèle permet aux cliniciens comme aux chercheurs de considérer la nature multifactorielle des DLP et les mécanismes potentiellement simultanés (processus hormonaux, biomécaniques et neuromusculaires) qui caractérisent la grossesse et la période post-partum. Ce modèle considère et pondère également les preuves scientifiques actuelles et permet d'envisager les priorités concernant les prochaines études qui traiteront de DLP chez la femme enceinte.

Limites et forces des travaux

Une des limites des travaux dans cette thèse, et de la recherche auprès des femmes enceintes de façon générale, concerne le profil des patientes et la difficulté à recruter des groupes de femmes représentatifs de l'ensemble des femmes enceintes. Les enjeux, précédemment documentés dans la littérature, sont abordés dans cette section-ci.

Les femmes enceintes sont trop souvent exclues en recherche puisque la grossesse constitue, dans plusieurs études, un critère d'exclusion. En effet, dans de nombreuses études réalisées auprès des adultes, on attribue aux femmes enceintes le statut de population dite « vulnérable ». Les femmes enceintes (en santé ou présentant des conditions qui touchent aussi les femmes adultes) et les nombreux changements qui caractérisent cette période importante sont donc régulièrement sous-étudiés. À titre d'exemple, on rapporte que plus de 80% des patientes enceintes se voient régulièrement prescrire des thérapies médicamenteuses qui n'ont pas été étudiées pendant la grossesse (Ayad & Costantine, 2015) et cette seule statistique reflète bien la tendance à généraliser les résultats de recherche obtenus auprès de femmes adultes qui ne sont pas enceintes.

Déjà depuis 2010, le *National Institutes of Health Office of Research on Women's Health* a fait état des enjeux éthiques et scientifiques soulevés par l'inclusion et l'exclusion des femmes enceintes dans les protocoles de recherche clinique (Blehar et al., 2013). Parmi les principales raisons d'exclusion des femmes enceintes dans les études cliniques, on retrouve, entre autres, la sécurité du fœtus, la physiologie complexe au cours des trimestres, l'envie de participer à une étude pendant la grossesse et la classification des femmes enceintes dans la catégorie de « population vulnérable ». Par définition, des individus sont considérés comme « vulnérables » lorsque leur capacité à protéger leurs intérêts et à donner leur consentement éclairé est compromise, ce qui n'est pas le cas de la majorité des femmes enceintes qui sont capable de protéger leurs propres intérêts et aptes à donner leur propre consentement éclairé. Les femmes enceintes qui participent aux différents projets de recherche qui leur sont proposés doivent cependant prendre en considération les intérêts de leur fœtus, ce qui expliquerait le fait qu'elles soient considérées dans la « population vulnérable » (Baylis & MacQuarrie, 2016; Blehar et al., 2013). Établir un équilibre entre la protection de cette population (femme enceinte et fœtus) dite vulnérable et l'avancement des connaissances afin de pallier aux différentes problématiques survenant au cours de la grossesse reste cependant un exercice complexe.

Une étude de 2017 a effectivement montré que la première préoccupation pour une femme enceinte quant à sa participation à une étude clinique est le bien-être de son fœtus tout au long de la grossesse, mais que ce même enjeu les motivait à participer à des études d'intervention (Sutton, Cain, Vallo, & Redman, 2017). Plus précisément, 89% des femmes (actuellement enceintes, ayant été enceintes ou envisageant de tomber enceinte) qui ont répondu à cette enquête ont rapporté être intéressées à participer à une étude observationnelle et 86% à une étude d'intervention (alimentation ou activité physique). Avant de participer à un projet de recherche, les femmes enceintes ont tendance à chercher plus d'informations concernant les différents éléments qui caractérisent le projet afin de prendre une décision éclairée quant à leur participation. De ce fait, l'accessibilité à l'information transmises, entre autres, par l'équipe de recherche et les cliniciens traitants semble jouer un rôle clé dans la décision d'une femme enceinte de participer ou non à une étude et ainsi faire avancer les connaissances spécifiques sur cette population de femmes uniques (Wada, Evans, de Vrijer, & Nisker, 2018). Bien que les femmes enceintes, les cliniciens et les chercheurs partagent certaines préoccupations quant aux risques et aux bénéfices de la recherche, les femmes semblent porter une plus grande importance à leur protection et à celle de leur fœtus tandis que les cliniciens sont plutôt préoccupés par le respect des exigences réglementaires en matière de conduite éthique de la recherche, et les chercheurs sur l'équilibre entre les avantages et les risques du projet de recherche (Wada et al., 2018). Un meilleur dialogue entre ces trois acteurs importants de la recherche favoriserait l'amélioration des connaissances cliniques et éventuellement la prise en charge des femmes enceintes le temps de leur grossesse.

Afin d'être le plus inclusif et de bien représenter les femmes enceintes, les lieux de recrutement deviennent alors un enjeu dans la capacité à généraliser les données à toutes les couches de cette population. Le contexte des soins de santé offerts aux femmes enceintes (publiques versus privés) peut être très différent d'un pays à l'autre et peut favoriser ou défavoriser l'inclusion d'une diversité de femmes enceintes provenant de milieux différents. Dans nos études (troisième et quatrième études), la majorité des femmes enceintes sont issues de milieux socioéconomiques privilégiés et ont généralement un niveau d'éducation plus élevé. De ce fait, les femmes enceintes provenant de ces types de milieux auront généralement tendance à être plus actives et à utiliser davantage une variété de soins de santé pour diminuer leur inconfort, douleur ou autres problématiques pendant la grossesse (Foster et al., 2018). À la lumière de cela, il serait pertinent de pouvoir rejoindre une quantité plus diversifiée de femmes enceintes afin de bien représenter tous les différents milieux

desquels peuvent être issus les femmes enceintes (acceptabilité culturelle, attitude et adhésion face à un traitement, prestataires de soins (Foster et al., 2018)). Puisque certaines femmes sont plus outillées pour faire face aux problématiques survenant pendant la grossesse, il devient important d'adapter les approches de recherche choisies en considérant les milieux de recrutement des participantes. Il est important de prendre en compte les besoins et les caractéristiques spécifiques de la population de femmes enceintes, ainsi que les contraintes éthiques et financières qui peuvent exister dans les différents milieux si l'on souhaite, dans un premier temps, accéder à des populations de femmes diversifiées et dans un deuxième temps, obtenir des résultats plus largement généralisables.

Tel que présenté plusieurs fois dans cette thèse, les changements hormonaux, biomécaniques et les adaptations neuromusculaires varient énormément d'une semaine à l'autre pendant la grossesse. En recherche, plus les évaluations ou les interventions sont espacées dans le temps, plus les changements et adaptations (ainsi que les comportements « hors protocole ») peuvent influencer positivement ou négativement les résultats obtenus dans le cadre d'une étude observationnelle ou expérimentale. Le choix des moments d'évaluations ou de la fréquence d'intervention devient donc un élément important à prendre en considération pour de prochaines études. Par exemple, certaines interventions peuvent être plus efficaces pendant le premier trimestre de la grossesse, tandis que d'autres peuvent être plus efficaces lors du deuxième ou troisième trimestre de grossesse. Il en va de même pour l'évaluation de certains paramètres, comme par exemple l'intensité des DLP qui ont une nature fluctuante. Dans les études de cette thèse, un suivi plus rapproché de l'intensité des DLP a permis de bien caractériser l'évolution des douleurs au travers des trimestres contrairement à une évaluation ponctuelle à chaque trimestre. Cette évaluation, bien que courte, peut être perçue comme une responsabilité (voire un fardeau) de plus pour les femmes enceintes dans leur quotidien. Cette évaluation systématique et rapprochée a cependant permis de mettre en lumière des résultats uniques dans deux des études de cette thèse.

Dans l'ensemble, la recherche en réadaptation avec des femmes enceintes nécessite de s'attarder aux facteurs éthiques, physiologiques et logistiques pour assurer la sécurité de la mère et du fœtus, déterminants dans le choix de participation à des projets de recherche, dans le but de générer des résultats intéressants. Il est donc important de veiller à ce que les femmes enceintes soient incluses

dans les études cliniques afin de combler les lacunes dans les connaissances scientifiques actuelles et améliorer la prise en charge de cette population unique de femmes.

Perspectives cliniques et scientifiques

Au regard des objectifs initiaux de cette thèse en matière d'évaluation, de traitement et de prévention des DLP chez la femme enceinte, il est possible de constater que certains résultats obtenus diffèrent des données scientifiques actuellement disponibles (par exemple : association entre hormones de grossesses et DLP). Ces apparentes contradictions nous suggèrent que l'étude des DLP chez les femmes enceintes reste un champ d'étude relativement « jeune » pour lequel de nombreuses questions restent encore sans réponse. Parmi les priorités de recherches envisagées, les études futures sur le sujet devraient inclure des études observationnelles dont les objectifs seraient de déterminer le rôle potentiel des changements physiologiques et adaptations neuromécaniques individuels et combinés dans le développement des DLP chez les femmes enceintes. En effet, en considérant la nature complexe des changements et adaptations subis par les femmes sur une période de quelques mois, il est possible que les DLP soient la résultante d'un seul changement ou adaptation, ou de la combinaison de plusieurs changements et adaptations. À la lumière des connaissances scientifiques contemporaines et des résultats obtenus dans cette thèse, il reste pour l'instant difficile d'établir de façon définitive quels sont les facteurs qui contribuent le plus au développement et à l'évolution cliniques des DLP. D'autres approches scientifiques seront probablement nécessaires pour éclairer cet important sujet de recherche. Par exemple, une étude récente, dont l'objectif principal était de construire un modèle biomécanique de la femme enceinte à tous les trimestres de grossesse afin de modéliser les mouvements qu'elle peut effectuer (démonstré par la simulation de la phase de support d'un cycle de marche) montre que ce sont les régions lombaires et pelviennes qui sont les plus affectées par la grossesse puisque qu'elles subissent les changements biomécaniques les plus significatifs (Haddox, Hausselle, & Azoug, 2020). En effet, l'étude de Haddox et al., montre, entre autres, que le changement dans la distribution de la masse, c.-à-d. l'augmentation de la masse chez la femme enceinte, se situe principalement dans la région lombo-pelvienne, la région supérieure de la colonne vertébrale et les membres inférieurs (cuisse). Cette distribution très spécifique du gain de masse entraîne, entre autres, une altération des forces musculaires qui pourrait conduire à de la fatigue musculaire

(recrutement musculaire plus large afin de pallier à des faiblesses) et à des douleurs potentielles dans la région lombaire (Haddox et al., 2020). Des mesures d'activation musculaire (EMG de surface) de la région pelvienne et des membres inférieurs permettraient probablement de mieux comprendre les rôles stabilisateurs et mobilisateurs des muscles de ces régions au cours de la grossesse.

Les prochaines études réalisées auprès de femmes enceintes devront aussi inclure des études contrôlées et randomisées de plus grande envergure et ayant pour but de déterminer l'impact d'un programme spécifique d'exercices sur la stabilité de la région lombo-pelvienne, non seulement pendant la grossesse, mais aussi, lors des périodes de préconception et lors de la période post-partum.

Selon les rétroactions obtenues auprès des participantes du projet de faisabilité, il semble important d'intégrer davantage de séances d'exercices supervisées afin d'améliorer l'observance, et potentiellement l'efficacité de l'intervention. Les séances d'exercices supervisées ont été perçues comme plus motivantes, et les femmes y ont participé de manière plus assidue comparativement aux séances d'exercices non supervisées (raccourcissement des séances). L'utilisation de stratégies telle que l'entraînement de groupe pour favoriser le sentiment d'appartenance au projet ou la compétition amicale entre les participantes pourrait augmenter la motivation des femmes à effectuer leurs séances d'exercices non supervisées.

La pratique d'AP pendant la période de préconception est un facteur prédictif important de la pratique d'AP pendant la grossesse (Owe, Nystad, & Bø, 2009) et devrait être une priorité afin de favoriser une grossesse saine lorsqu'il n'y a pas de contre-indication à l'AP (Harrison, Brown, Hayman, Moran, & Redman, 2016). Pour ce qui est de la période post-partum, une revue de la littérature récente a justement montré que des exercices de stabilisation (abdominaux, muscles lombaires et muscles du plancher pelvien) permettaient de réduire l'intensité des DLP et l'incapacité physique après la grossesse (Moheboleslam, Mohammad Rahimi, & Aminzadeh, 2022). Considérant que la grossesse est une période de changements constants et d'adaptations, il semble pertinent, voire prioritaire, de s'intéresser à la période de préconception afin de mieux identifier les aspects pouvant influencer la grossesse.

L'éducation des femmes enceintes concernant les DL, DP ou DLP au cours de leur grossesse devrait être réalisée dans la période préconception. Une sensibilisation hâtive à cette problématique

de santé pourrait amener les femmes à questionner différents professionnels de la santé relativement à la gestion de la douleur pendant leur grossesse. Bien évidemment, la mobilisation des connaissances par le biais de dépliants explicatifs disponibles dans les cliniques gynécologiques, les hôpitaux et les maisons de naissances, permettrait de mieux outiller les femmes face à la gestion de leurs symptômes. Le kinésiologue, quant à lui, est le professionnel de choix pour adapter l'entraînement au cours des neuf mois de grossesse et s'assurer que la pratique de l'activité physique reste sécuritaire à tous moments de la grossesse. Par des évaluations physiques et en collaboration avec les autres professionnelles de la santé qui interviennent auprès de la femme enceinte, la prise en charge optimale des DL, DP ou DLP par les kinésiologues pendant la grossesse pourrait alors être optimisée.

Conclusion

Cette thèse a permis d'améliorer les connaissances concernant les changements hormonaux, cliniques et biomécaniques ainsi que les adaptations neuromusculaires chez les femmes enceintes ayant des DLP. La réalisation d'un programme d'exercices de contrôle moteur est sécuritaire et faisable (avec de légères modifications) pour cette population. La stabilisation de la région lombopelvienne en période de changements neuromécaniques rapides engage des mécanismes complexes et dont la compréhension n'est que partielle. Chez la femme enceinte, les changements neuromécaniques sont accompagnés d'importantes variations hormonales et parfois accompagnés de douleurs musculosquelettiques nécessitant d'autres adaptations neuromécaniques, et ce, tout au long des neuf mois de grossesse. Le rôle positif de l'activité physique est indéniable chez la femme enceinte et les résultats de cette thèse ont permis de confirmer la faisabilité d'un programme d'exercices individuels chez les femmes enceintes aux prises avec des DLP.

Il est incontestable que le corps de la femme est soumis à une multitude de changements et d'adaptations pendant la grossesse qui peuvent avoir un impact positif ou négatif au quotidien. De plus, l'apparition de DLP, ou l'évolution de celles-ci, demeure un enjeu important qui peut teinter fortement l'expérience de la femme au cours de sa grossesse et avoir des répercussions tant sur la santé physique que psychologique de la femme. Bien que la grossesse soit une période complexe pour la femme qui subit ces changements et adaptations, et que cette complexité soit un défi pour les chercheurs qui étudient la question, il n'en demeure pas moins important de s'intéresser et d'étudier cette population si particulière afin de générer les connaissances scientifiques nécessaires au mieux-être de la femme enceinte.

Références bibliographiques

- ACSM – American College of Sports Medicine. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Alphen aan den Rijn: Wolters Kluwer; 2014
- ACSM – American College of Sports Medicine. ACSM's resources for the exercise physiologist. 2nd ed. Alphen aan den Rijn: Wolters Kluwer; 2018
- Albert, H., Godskenen, M., & Westergaard, J. (2000). Evaluation of clinical tests used in classification procedures in pregnancy-related pelvic joint pain. *European Spine Journal*, 9(2), 161-166.
- Ayad, M., & Costantine, M. M. (2015). *Epidemiology of medications use in pregnancy*. Paper presented at the Seminars in perinatology.
- Bagwell, J. J., Bauer, L., Gradoz, M., & Grindstaff, T. L. (2016). The reliability of FABER test hip range of motion measurements. *International journal of sports physical therapy*, 11(7), 1101.
- Bakker, E. C., van Nimwegen-Matzinger, C. W., Ekkel-van der Voorden, W., Nijkamp, M. D., & Völlink, T. (2013). Psychological determinants of pregnancy-related lumbopelvic pain: a prospective cohort study. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*, 92(7), 797-803.
- Bastiaanssen, J. M., de Bie, R. A., Bastiaenen, C. H., Essed, G. G., & van den Brandt, P. A. (2005). A historical perspective on pregnancy-related low back and/or pelvic girdle pain. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 120(1), 3-14.
- Baylis, F., & MacQuarrie, R. (2016). Why physicians and women should want pregnant women included in clinical trials. *Clinical research involving pregnant women*, 17-31.
- Biviá-Roig, G., Lisón, J. F., & Sánchez-Zuriaga, D. (2019). Effects of pregnancy on lumbar motion patterns and muscle responses. *The Spine Journal*, 19(2), 364-371.

- Bjelland, E., Eberhard-Gran, M., Nielsen, C., & Eskild, A. (2011). Age at menarche and pelvic girdle syndrome in pregnancy: a population study of 74 973 women. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, *118*(13), 1646-1652.
- Bjelland, E., Kristiansson, P., Nordeng, H., Vangen, S., & Eberhard-Gran, M. (2013). Hormonal contraception and pelvic girdle pain during pregnancy: a population study of 91 721 pregnancies in the Norwegian Mother and Child Cohort. *Human reproduction*, *28*(11), 3134-3140.
- Blackburn, S. T. (2018). *Maternal, Fetal, & Neonatal physiology : a clinical perspective* (M. E. St. Louis Ed. Fifth ed.).
- Blehar, M. C., Spong, C., Grady, C., Goldkind, S. F., Sahin, L., & Clayton, J. A. (2013). Enrolling pregnant women: issues in clinical research. *Women's Health Issues*, *23*(1), e39-e45.
- Butler, E. E., Colón, I., Druzin, M. L., & Rose, J. (2006). Postural equilibrium during pregnancy: decreased stability with an increased reliance on visual cues. *American journal of obstetrics and gynecology*, *195*(4), 1104-1108.
- Callaghan, J. P., & Dunk, N. M. (2002). Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting. *Clinical Biomechanics*, *17*(5), 353-360.
- Canada, S. (2020). Tableau 13-10-0415-01 Naissances vivantes, selon le mois. Retrieved from <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1310041501>
- Canada, S. (2021). Âge moyen de la mère à l'accouchement (naissances vivantes). Retrieved from <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1310041701>

- Casagrande, D., Gugala, Z., Clark, S. M., & Lindsey, R. W. (2015). Low back pain and pelvic girdle pain in pregnancy. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 23(9), 539-549.
- Chang, H. Y., Jensen, M. P., Yang, Y. L., Lee, C. N., & Lai, Y. H. (2012). Risk factors of pregnancy-related lumbopelvic pain: a biopsychosocial approach. *Journal of clinical nursing*, 21(9-10), 1274-1283.
- Claus, A. P., Hides, J. A., Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2009). Different ways to balance the spine: subtle changes in sagittal spinal curves affect regional muscle activity. *Spine*, 34(6), E208-E214.
- Colloca, C. J., & Hinrichs, R. N. (2005). The biomechanical and clinical significance of the lumbar erector spinae flexion-relaxation phenomenon: a review of literature. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 28(8), 623-631.
- Conder, R., Zamani, R., & Akrami, M. (2019). The biomechanics of pregnancy: A systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(4), 72.
- Daneau, C., Abboud, J., Marchand, A.-A., Houle, M., Pasquier, M., Ruchat, S.-M., & Descarreaux, M. (2021). Mechanisms underlying lumbopelvic pain during pregnancy: a proposed model. *Frontiers in Pain Research*, 2, 773988.
- Davenport, M. H., Marchand, A.-A., Mottola, M. F., Poitras, V. J., Gray, C. E., Garcia, A. J., . . . Meah, V. L. (2019). Exercise for the prevention and treatment of low back, pelvic girdle and lumbopelvic pain during pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 53(2), 90-98.
- Dehghan, F., Haerian, B. S., Muniandy, S., Yusof, A., Dragoo, J. L., & Salleh, N. (2014). The effect of relaxin on the musculoskeletal system. *Scand J Med Sci Sports*, 24(4), e220-229. doi:10.1111/sms.12149

- Descarreaux, M., Lafond, D., & Cantin, V. (2010). Changes in the flexion-relaxation response induced by hip extensor and erector spinae muscle fatigue. *BMC musculoskeletal disorders*, *11*(1), 112.
- Descarreaux, M., Lafond, D., Jeffrey-Gauthier, R., Centomo, H., & Cantin, V. (2008). Changes in the flexion relaxation response induced by lumbar muscle fatigue. *BMC musculoskeletal disorders*, *9*(1), 10.
- Dørheim, S., Bjorvatn, B., & Eberhard-Gran, M. (2013). Sick leave during pregnancy: a longitudinal study of rates and risk factors in a Norwegian population. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, *120*(5), 521-530.
- Draca, S. (2006). Estriol and progesterone: a new role for sex hormones. *International journal of biomedical science: IJBS*, *2*(4), 305.
- Drake, R. L., Volg, W., & Mitchell, A. W. M. (2010). *Gray's anatomie pour les étudiants* (2e édition ed.).
- Dumas, G., Reid, J., Wolfe, L., Griffin, M., & McGrath, M. (1995). Exercise, posture, and back pain during pregnancy: Part 1. Exercise and posture. *Clinical Biomechanics*, *10*(2), 98-103.
- Elden, H., Lundgren, I., & Robertson, E. (2013). Life's pregnant pause of pain: pregnant women's experiences of pelvic girdle pain related to daily life: a Swedish interview study. *Sexual & Reproductive Healthcare*, *4*(1), 29-34.
- Elden, H., Lundgren, I., & Robertson, E. (2014). The pelvic ring of pain: Pregnant women's experiences of severe pelvic girdle pain: An interview study.
- Facco, F. L., Kramer, J., Ho, K. H., Zee, P. C., & Grobman, W. A. (2010). Sleep disturbances in pregnancy. *Obstetrics & Gynecology*, *115*(1), 77-83.

- Finocchi, C., & Ferrari, M. (2011). Female reproductive steroids and neuronal excitability. *Neurological Sciences, 32*(1), 31-35.
- Fitzgerald, C., & Segal, N. (2015). *Musculoskeletal Health in Pregnancy and Postpartum*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Flanagan, S. P. (2014). *Biomechanics : a case-based approach* (M. J. B. L. Burlington Ed.).
- Floyd, W., & Silver, P. (1955). The function of the erector spinae muscles in certain movements and postures in man. *The Journal of physiology, 129*(1), 184-203.
- Foster, N. E., Anema, J. R., Cherkin, D., Chou, R., Cohen, S. P., Gross, D. P., . . . Peul, W. (2018). Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *The Lancet, 391*(10137), 2368-2383.
- Franklin, M. E., & Conner-Kerr, T. (1998). An analysis of posture and back pain in the first and third trimesters of pregnancy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 28*(3), 133-138.
- Gilleard, W., Crosbie, J., & Smith, R. (2002). Effect of pregnancy on trunk range of motion when sitting and standing. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica, 81*(11), 1011-1020.
- Gilleard, W. L., & Brown, J. M. M. (1996). Structure and function of the abdominal muscles in primigravid subjects during pregnancy and the immediate postbirth period. *Physical therapy, 76*(7), 750-762.
- Gjestland, K., Bø, K., Owe, K. M., & Eberhard-Gran, M. (2013). Do pregnant women follow exercise guidelines? Prevalence data among 3482 women, and prediction of low-back pain, pelvic girdle pain and depression. *British journal of sports medicine, 47*(8), 515-520.

- Gupta, A. (2001). Analyses of myo-electrical silence of erectors spinae. *Journal of Biomechanics*, 34(4), 491-496.
- Gutke, A., Betten, C., Degerskär, K., Pousette, S., & Fagevik Olsén, M. (2015). Treatments for pregnancy-related lumbopelvic pain: a systematic review of physiotherapy modalities. *Acta obstetricia et gynecologica Scandinavica*, 94(11), 1156-1167.
- Gutke, A., Boissonnault, J., Brook, G., & Stuge, B. (2018). The severity and impact of pelvic girdle pain and low-back pain in pregnancy: a multinational study. *Journal of women's health*, 27(4), 510-517.
- Gutke, A., Östgaard, H. C., & Öberg, B. (2008). Predicting persistent pregnancy-related low back pain. *Spine*, 33(12), E386-E393.
- Haddox, A., Hausselle, J., & Azoug, A. (2020). Changes in segmental mass and inertia during pregnancy: A musculoskeletal model of the pregnant woman. *Gait & Posture*, 76, 389-395.
- Hansson, E. E., Beckman, A., & Håkansson, A. (2010). Effect of vision, proprioception, and the position of the vestibular organ on postural sway. *Acta oto-laryngologica*, 130(12), 1358-1363.
- Harrison, C. L., Brown, W. J., Hayman, M., Moran, L. J., & Redman, L. M. (2016). *The role of physical activity in preconception, pregnancy and postpartum health*. Paper presented at the Seminars in reproductive medicine.
- Hides, J. A., Jull, G. A., & Richardson, C. A. (2001). Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*, 26(11), e243-e248.
- Holm, S., Indahl, A., & Solomonow, M. (2002). Sensorimotor control of the spine. *Journal of electromyography and Kinesiology*, 12(3), 219-234.

Institut de la Statistique du Québec. (2020). *Le bilan démographique du Québec*. Retrieved from Institut de la Statistique du Québec. (2021). Naissances et taux de natalité, Québec, 1900-2020.

Retrieved from <https://statistique.quebec.ca/fr/document/naissances-le-quebec/tableau/naissances-et-taux-de-natalite-quebec>

Kanakaris, N. K., Roberts, C. S., & Giannoudis, P. V. (2011). Pregnancy-related pelvic girdle pain: an update. *BMC medicine*, 9(1), 1-15.

Kanal, E., Barkovich, A. J., Bell, C., Borgstede, J. P., Bradley Jr, W. G., Froelich, J. W., . . . Kuhni-Kaminski, E. (2007). ACR guidance document for safe MR practices: 2007. *AMERICAN JOURNAL OF ROENTGENOLOGY-NEW SERIES*, 188(6), 1447.

Kesikburun, S., Güzelküçük, Ü., Fidan, U., Demir, Y., Ergün, A., & Tan, A. K. (2018). Musculoskeletal pain and symptoms in pregnancy: a descriptive study. *Therapeutic advances in musculoskeletal disease*, 10(12), 229-234.

Kirby, R., Price, N., & MacLeod, D. (1987). The influence of foot position on standing balance. *Journal of Biomechanics*, 20(4), 423-427.

Kluge, J., Hall, D., Louw, Q., Theron, G., & Grové, D. (2011). Specific exercises to treat pregnancy-related low back pain in a South African population. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 113(3), 187-191.

Kovacs, F. M., Garcia, E., Royuela, A., González, L., Abaira, V., & Network, S. B. P. R. (2012). Prevalence and factors associated with low back pain and pelvic girdle pain during pregnancy: a multicenter study conducted in the Spanish National Health Service. *Spine*, 37(17), 1516-1533.

Lardon, E., St-Laurent, A., Babineau, V., Descarreaux, M., & Ruchat, S.-M. (2018). Lumbopelvic pain, anxiety, physical activity and mode of conception: a prospective cohort study of pregnant women. *BMJ open*, 8(11), e022508.

- Le Corff, Y., & Yergeau, E. (2017). Psychométrie à l'UdeS, Sensibilité et spécificité.
- Liu, J. H. (2019). Endocrinology of Pregnancy. In *Creasy & Renik's Maternal-Fetal Medicine : Principales and Practice* (Eighth ed., pp. 1388).
- Lund, J. P., Donga, R., Widmer, C. G., & Stohler, C. S. (1991). The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 69(5), 683-694.
- Macedo LG, Maher CG, Latimer J, McAuley JH. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Physical therapy*. 2009;89(1):9-25.
- Mackenzie, J., Murray, E., & Lusher, J. (2018). Women's experiences of pregnancy related pelvic girdle pain: a systematic review. *Midwifery*, 56, 102-111.
- MacLennan, A. H., Nicolson, R., Green, R. C., & Bath, M. (1986). Serum relaxin and pelvic pain of pregnancy. *Lancet*, 2(8501), 243-245. doi:10.1016/s0140-6736(86)92069-6
- Maia, L. B., Amarante, L. G., Vitorino, D. F., Mascarenhas, R. O., Lacerda, A. C. R., Lourenço, B. M., & Oliveira, V. C. (2021). Effectiveness of conservative therapy on pain, disability and quality of life for low back pain in pregnancy: A systematic review of randomized controlled trials. *Brazilian journal of physical therapy*.
- Malmqvist, S., Kjaermann, I., Andersen, K., Økland, I., Brønnick, K., & Larsen, J. P. (2012). Prevalence of low back and pelvic pain during pregnancy in a Norwegian population. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 35(4), 272-278.
- Malmqvist, S., Kjaermann, I., Andersen, K., Økland, I., Larsen, J. P., & Brønnick, K. (2015). The association between pelvic girdle pain and sick leave during pregnancy; a retrospective study of a Norwegian population. *BMC pregnancy and childbirth*, 15(1), 1-8.

- Mens, J., Vleeming, A., Snijders, C. J., Stam, H. J., & Ginai, A. Z. (1999). The active straight leg raising test and mobility of the pelvic joints. *European Spine Journal*, 8(6), 468-473.
- Mens, J. M., Vleeming, A., Snijders, C. J., Koes, B. W., & Stam, H. J. (2001). Reliability and validity of the active straight leg raise test in posterior pelvic pain since pregnancy. *Spine*, 26(10), 1167-1171.
- Mirmolaei, S. T., Ansari, N. N., Mahmoudi, M., & Ranjbar, F. (2018). Efficacy of a physical training program on pregnancy related lumbopelvic pain. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, 6(2), 161-166.
- Mogren, I. M., & Pohjanen, A. I. (2005). Low back pain and pelvic pain during pregnancy: prevalence and risk factors. *Spine*, 30(8), 983-991.
- Moheboleslam, Z., Mohammad Rahimi, N., & Aminzadeh, R. (2022). A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials of Stabilizing Exercises for Lumbopelvic Region Impact in Postpartum Women With Low Back and Pelvic Pain. *Biological Research For Nursing*, 24(3), 338-349.
- Morino, S., Ishihara, M., Umezaki, F., Hatanaka, H., Yamashita, M., & Aoyama, T. (2019). Pelvic alignment changes during the perinatal period. *PloS one*, 14(10), e0223776.
- Mottola, M. F., Davenport, M. H., Ruchat, S.-M., Davies, G. A., Poitras, V., Gray, C., . . . Duggan, M. (2018). N 367-2019 lignes directrices canadiennes sur l'activité physique durant la grossesse. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 40(11), 1538-1548.
- Napso, T., Yong, H. E., Lopez-Tello, J., & Sferruzzi-Perri, A. N. (2018). The role of placental hormones in mediating maternal adaptations to support pregnancy and lactation. *Frontiers in physiology*, 9.

- Norén, L., Östgaard, S., Johansson, G., & Östgaard, H. C. (2002). Lumbar back and posterior pelvic pain during pregnancy: a 3-year follow-up. *European Spine Journal*, *11*(3), 267-271.
- Norwitz, E. R., Edusa, V., & Park, J. S. (2005, October). Maternal physiology and complications of multiple pregnancy. In *Seminars in perinatology* (Vol. 29, No. 5, pp. 338-348). WB Saunders.
- Olson, M. W., Li, L., & Solomonow, M. (2004). Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion. *Clinical Biomechanics*, *19*(8), 769-776.
- Onyekere, C. P., Emmanuel, G. N., Ozumba, B. C., & Igwesi-Chidobe, C. N. (2022). Minimal-contact physical interventions for pregnant women with musculoskeletal disorders: a systematic review of randomised and non-randomised clinical trials. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 1-14.
- Organisation Mondiale de la Santé, O. M. S. (2021). *Lignes directrices de l'OMS sur l'activité physique et la sédentarité*. Retrieved from
- Östgaard, H., Zetherström, G., & Roos-Hansson, E. (1994). The posterior pelvic pain provocation test in pregnant women. *European Spine Journal*, *3*(5), 258-260.
- Owe, K. M., Nystad, W., & Bø, K. (2009). Correlates of regular exercise during pregnancy: the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *19*(5), 637-645.
- Palsson, T. S., Beales, D., Slater, H., O'Sullivan, P., & Graven-Nielsen, T. (2015). Pregnancy is characterized by widespread deep-tissue hypersensitivity independent of lumbopelvic pain intensity, a facilitated response to manual orthopedic tests, and poorer self-reported health. *The Journal of Pain*, *16*(3), 270-282.

- Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders*, 5, 383-383.
- Peck, J. D., Hulka, B. S., Savitz, D. A., Baird, D., Poole, C., & Richardson, B. E. (2003). Accuracy of fetal growth indicators as surrogate measures of steroid hormone levels during pregnancy. *American journal of epidemiology*, 157(3), 258-266.
- Persson, M., Winkvist, A., Dahlgren, L., & Mogren, I. (2013). “Struggling with daily life and enduring pain”: a qualitative study of the experiences of pregnant women living with pelvic girdle pain. *BMC pregnancy and childbirth*, 13(1), 1-9.
- Rankin, J. (2017). *Physiology in childbearing: With anatomy and related biosciences*: Elsevier Health Sciences.
- Reese, M. E., & Casey, E. (2015). Hormonal influence on the neuromusculoskeletal system in pregnancy. In F. CM & S. NA (Eds.), *Musculoskeletal health in pregnancy and postpartum: an evidence-based guide for clinicians* (pp. 19-34): Springer.
- Sabino, J., & Grauer, J. N. (2008). Pregnancy and low back pain. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 1(2), 137-141.
- Sarti, M., Lison, J., Monfort, M., & Fuster, M. (2001). Response of the flexion–relaxation phenomenon relative to the lumbar motion to load and speed. *Spine*, 26(18), E421-E426.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning : a behavioral emphasis* (I. H. K. Champaign Ed. Fifth ed.).
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Gilroy, A. M., MacPherson, B. R., Voll, M., & Wesker, K. (2016). *Atlas of anatomy* (Third edition. ed.). New York: Thieme.

- Sihvonen, T. (1997). Flexion relaxation of the hamstring muscles during lumbar-pelvic rhythm. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78(5), 486-490.
- Sihvonen, T., Huttunen, M., Makkonen, M., & Airaksinen, O. (1998). Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79(10), 1210-1212.
- Srugo, S. A., da Silva, D. F., Menard, L. M., Shukla, N., & Lang, J. J. (2023). Recent Patterns of Physical Activity and Sedentary Behaviour Among Pregnant Adults in Canada. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 45(2), 141-149.
- Stoffregen, T. A., Yoshida, K., Villard, S., Scibora, L., & Bardy, B. G. (2010). Stance width influences postural stability and motion sickness. *Ecological Psychology*, 22(3), 169-191.
- Stuge, B. (2019). Evidence of stabilizing exercises for low back-and pelvic girdle pain—a critical review. *Brazilian journal of physical therapy*, 23(2), 181-186.
- Sutton, E. F., Cain, L. E., Vallo, P. M., & Redman, L. M. (2017). Strategies for successful recruitment of pregnant patients into clinical trials. *Obstetrics & Gynecology*, 129(3), 554-559.
- Vermani, E., Mittal, R., & Weeks, A. (2010). Pelvic girdle pain and low back pain in pregnancy: a review. *Pain Practice*, 10(1), 60-71.
- Verstraete, E., Vanderstraeten, G., & Parewijck, W. (2013). Pelvic Girdle Pain during or after Pregnancy: a review of recent evidence and a clinical care path proposal. *Facts, views & vision in ObGyn*, 5(1), 33.
- Vesentini, G., Prior, J., Ferreira, P. H., Hodges, P. W., Rudge, M., & Ferreira, M. L. (2020). Pelvic floor muscle training for women with lumbopelvic pain: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Pain*, 24(10), 1865-1879.

- Vleeming, A., Albert, H. B., Östgaard, H. C., Sturesson, B., & Stuge, B. (2008). European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *European Spine Journal*, *17*(6), 794-819.
- Vleeming, A., & Schuenke, M. (2019). Form and force closure of the sacroiliac joints. *PM&R*, *11*, S24-S31.
- Wada, K., Evans, M. K., de Vrijer, B., & Nisker, J. (2018). Clinical research with pregnant women: perspectives of pregnant women, health care providers, and researchers. *Qualitative Health Research*, *28*(13), 2033-2047.
- Weis, C. A., Barrett, J., Tavares, P., Draper, C., Ngo, K., Leung, J., . . . Landsman, V. (2018). Prevalence of low back pain, pelvic girdle pain, and combination pain in a pregnant Ontario population. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, *40*(8), 1038-1043.
- Weis, C. A., Pohlman, K., Draper, C., Stuber, K., & Hawk, C. (2020). Chiropractic care for adults with pregnancy-related low back, pelvic girdle pain, or combination pain: A systematic review. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, *43*(7), 714-731.
- Whitcome, K. K., Shapiro, L. J., & Lieberman, D. E. (2007). Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins. *Nature*, *450*(7172), 1075-1078.
- Wu, W.-H., Meijer, O. G., Uegaki, K., Mens, J., Van Dieen, J., Wuisman, P., & Östgaard, H. (2004). Pregnancy-related pelvic girdle pain (PPP), I: Terminology, clinical presentation, and prevalence. *European Spine Journal*, *13*(7), 575-589.
- Yousefabadi, S. R., Sarani, A., Arbabshastan, M. E., Adineh, H. A., & Shahnavaizi, M. (2019). The effect of exercise on back pain and lordosis in the second trimester of pregnancy. *Drug Invention Today*, *11*(9).

Annexe A . Article 5, Effects of a Motor Control Exercise Program on Lumbopelvic Pain Recurrences and Intensity in Pregnant Women with a History of Lumbopelvic Pain: a Study Protocol for a Randomized Controlled Feasibility Trial.

Ce chapitre inclut le quatrième article de cette thèse qui a été publié dans la revue « Pilot and Feasibility Studies » en 2022.

Catherine Daneau¹, Andrée-Anne Marchand², André Bussièrès^{2,3}, Julie O’Shaughnessy², Stephanie-May Ruchat⁴, Martin Descarreaux⁴

Affiliation des auteurs :

¹ Département d’Anatomie, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada

² Département de Chiropratique, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada

³ École de Physiothérapie et d’Ergothérapie, Université McGill

⁴ Département des Sciences de l’Activité physique, Université du Québec à Trois-Rivières Québec, Canada

Contribution des auteurs :

Catherine Daneau : conception de l'étude, écriture de l'article scientifique, gestion du projet

Andrée-Anne Marchand : conception de l'étude, révision critique de l'article scientifique, expert clinique

André Bussièrès : conception de l'étude, révision critique de l'article scientifique, expert clinique

Julie O'Shaughnessy : conception de l'étude, révision critique de l'article scientifique, expert clinique

Stephanie-May Ruchat : supervision et encadrement de l'étudiante dans la conception de l'étude, la gestion du projet et l'écriture de l'article scientifique, révision critique de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Martin Descarreaux : supervision et encadrement de l'étudiante dans la conception de l'étude, la gestion du projet et l'écriture de l'article scientifique, révision critique de l'article scientifique (révision à chaque étape du projet)

Résumé

Introduction

Environ 50 % des femmes vont ressentir des douleurs lombo-pelviennes (DLP) pendant leur grossesse. Les douleurs lombo-pelviennes ont des répercussions négatives sur le sommeil, la vie sociale et sexuelle, la capacité physique et professionnelle et la santé psychologique, et contribuent à l'inactivité physique. Les avantages de la prévention ou du traitement des DLP chez les femmes enceintes par le biais d'exercices spécifiques doivent donc être davantage étudiés. Ce protocole a été conçu pour établir la faisabilité de la mise en œuvre d'un programme d'exercices de contrôle moteur chez les femmes enceintes présentant un historique de DLP.

Méthode/design

Quarante femmes enceintes ayant un historique de DLP seront recrutées et réparties au hasard dans le groupe contrôle (20 participantes) ou le groupe intervention (20 participantes). Le groupe contrôle recevra les soins prénataux standard, y compris des informations de base sur ce qu'il faut faire en cas de DLP. Le groupe intervention participera à trois séances d'exercices de 40 minutes par semaine de < 20 semaines à 34-36 semaines de grossesse : une séance de groupe supervisée via la plateforme Zoom (une fois par mois, cette séance aura lieu à l'Université du Québec à Trois-Rivières) et deux séances non supervisées à la maison. Un programme d'exercices de contrôle moteur sera élaboré pour cibler le renforcement des muscles des régions lombaire, pelviennes et des hanches, et améliorer la stabilisation de la colonne vertébrale et du bassin. Les participantes de ce groupe recevront également les soins prénataux standard. Les femmes du groupe contrôle recevront (6 semaines post-partum) un programme d'exercices conçu pour réduire les DLP qu'elles ont pu développer pendant la grossesse et qui peuvent persister après l'accouchement. Les résultats primaires seront les taux de recrutement, de rétention et d'adhésion des participants, la sécurité et l'acceptabilité de l'intervention. Les résultats secondaires comprendront l'incidence, la fréquence et l'intensité des DLP, ainsi que l'incapacité fonctionnelle auto-rapportée, les niveaux d'activité physique, le comportement d'évitement de la peur, l'anxiété et la dépression.

Discussion

Cette étude permettra de déterminer s'il est possible de mener une étude randomisée et contrôlée à grande échelle pour tester l'efficacité d'un programme d'exercices de contrôle moteur sur la prévention et le traitement des DLP chez les femmes ayant un historique de DLP. Une prévention et un traitement adéquats des femmes enceintes ayant un historique de DLP devraient permettre de limiter les récurrences de DLP ou l'aggravation de son intensité pendant la grossesse.

Numéro d'enregistrement

Enregistrement de l'étude s'est fait le 27 avril 2021. US National Institutes of Health Clinical Trials: NCT04253717.

Abstract

Background

About 50% of women experience lumbopelvic pain (LBPP) during their pregnancy. LBPP has negative repercussions on sleep, social and sexual life, physical and work capacity, and psychological health and contributes to physical inactivity. The benefits of LBPP prevention or treatment in pregnant women through specific exercises should therefore be further investigated. This study protocol has been designed to establish the feasibility of implementing motor control exercise program with pregnant women presenting with a history of LBPP.

Methods/design

Forty pregnant women with a history of LBPP will be recruited and randomly allocated to a control (20 participants) or intervention (20 participants) group. The control group will receive standard prenatal care, including basic information on what to do when suffering from LBPP. The intervention group will participate in three 40-min exercise sessions per week from < 20 weeks until 34–36 weeks of gestation: one supervised group session via the Zoom platform (once a month, this session will take place at the Université du Québec à Trois-Rivières) and two unsupervised sessions at home. A motor control exercise program will be developed to target strengthening of the lumbo-pelvic-hip core muscles and improve spinal and pelvic stabilization. Participants of this group will also receive standard prenatal care. Women of the control group will receive after 6 weeks postpartum an exercise program designed to reduce LBPP they may have developed during pregnancy and that may persist after delivery. Primary outcomes will be participants' recruitment, retention and adherence rates, safety, and acceptability of the intervention. Secondary outcomes will include LBPP incidence, frequency, and intensity, as well as self-reported functional disability, physical activity levels, fear avoidance behavior, anxiety, and depression.

Discussion

This study will inform the feasibility of conducting a full-scale randomized controlled study to test the effectiveness of a motor control exercise program on the prevention and treatment of LBPP in

women with a history of LBPP. Adequate prevention and treatment of pregnant women with a history of LBPP should help limit the recurrences of LBPP or the aggravation of its intensity during pregnancy.

Trial registration

US National Institutes of Health Clinical Trials registry NCT04253717 April 27, 2021.

Background

Approximately 50% of women experience low back pain (LBP) or pelvic girdle pain (PGP) during pregnancy, and 25% will still experience pain one year after delivery [1]. A 10-year follow-up study reported that 1 in 10 women who had PGP during pregnancy still has severe consequences up to 11 years after delivery [1,2,3,4,5]. LBP is defined as pain or discomfort located between the 12th rib and the gluteal fold, whereas PGP has been defined as “pain experienced between the posterior iliac crest and the gluteal fold” [6]. When pregnant women have both types of pain (i.e., LBP and PGP), the pain is commonly referred to as lumbopelvic pain (LBPP). Indeed, there seems to be a consensus (despite variation in definition) that the term LBPP is used when no distinction is made between LBP and PGP [5].

Several hypotheses have been suggested to explain the development of LBPP during pregnancy. Hormonal, anatomical, biomechanical, and postural changes likely interact in the development of pregnancy-related LBPP [6,7,8]. As the fetus grows, the women’s center of gravity moves towards the abdomen. This results in an increased lumbar lordosis, posterior tilt of the sacrum, and consequent backward extension of the head relative to the back to compensate for the increased lumbar lordosis and weight [9,10,11]. Moreover, the increased lumbar lordosis is believed to not only change the load distribution between the different structures of the spine, but also to increase the facet joint load sharing contribution, which would contribute to LBPP [12]. Accordingly, a study published in 2003 reported that pregnant women with LBPP suffered more from postural constraints, such as a forward shifting of the trunk center of mass, than pregnant women without LBPP [13]. Inefficient neuromuscular control is believed to contribute to the etiology of LBPP in pregnant women [6]. One study investigated LBPP intensity and disability in pregnant women with and without LBPP before pregnancy [14] and found a significant correlation between current pain intensity and lumbar muscles activity level during trunk flexion. The study also reported that paraspinal muscles activity during bending measured in the first trimester of pregnancy was significantly correlated with pain intensity measured in the third trimester [14].

One important risk factor for developing LBPP during pregnancy is having a history of LBPP [15]. Furthermore, early LBP in pregnancy appears to be a predictor for long-term PGP [2]. Interestingly, a comprehensive review reported that the mean prevalence of postpartum LBPP was higher in studies of pregnant women with a history of LBP (42.7%) compared to when they were excluded from studies (24.3%) [5]. It is therefore of paramount importance to gain knowledge on these women because the literature shows that pregnant women with a history of LBPP have a threefold increased risk to develop LBPP during their pregnancy compared to pregnant women without a history of LBPP [5].

Despite its high prevalence, LBPP during pregnancy is often considered a common and almost natural phenomenon which often leads to inadequate clinical prevention and treatment of the condition [16]. LBPP has negative repercussions on sleep, social and sexual life, physical and work capacity, as well as on psychological health [17, 18]. Importantly, LBPP also contributes to physical inactivity during pregnancy [19], which has been associated to a higher incidence of maternal and neonatal complications [20,21,22,23]. Despite the frequent occurrence of LBPP during pregnancy and the significant impact it can have on the women's quality of life, there are currently no specific guidelines available to inform clinical prevention and treatment of this condition. Not surprisingly, several studies indicate that about 25 to 30% of women suffering from LBPP self-manage or seek a wide range of interventions delivered by various care providers to prevent and treat their symptoms [24, 25]. However, the evidence regarding these interventions is limited due to restricted availability of high-quality studies and very low evidence strength [26, 27]. It is therefore essential to identify effective clinical strategies to prevent and treat pain and disability, while considering the safety of both the mother and growing fetus.

The recently published 2019 Canadian guideline for physical activity throughout pregnancy [20] clearly highlights that, not only is exercise safe for both the mother and the growing fetus, but that it also improves key pregnancy outcomes such as decreased risk of gestational hypertension and diabetes [22], excessive gestational weight gain [23] and depression [28]. The guideline summarizes the best available evidence and provides consensus-based recommendations on physical activity during pregnancy. It suggests that women without any medical restriction should

accumulate at least 150 min of a variety of moderate-intensity physical activity each week to achieve clinically meaningful reduction in pregnancy complications, such as gestational diabetes mellitus, gestational hypertensive disorders, and prenatal depression [21]. Nonetheless, the guideline does not provide any specific recommendation for the prevention and treatment of LBPP during pregnancy, mainly due to the lack of evidence regarding the effect of prenatal exercise on the occurrence of pregnancy-related LBPP and the poor quality of evidence (i.e., “very low”) and heterogeneity of the data regarding its effect on LBPP intensity [22]. Considering that a history of LBPP is one of the strongest predictors of LBPP during pregnancy [15] and that it is a debilitating condition associated with significant personal, social, and economic burden [17, 18, 29], exercise may offer a safe and cost-effective self-management strategy option to decrease the recurrences and symptom intensity of LBPP for expecting mothers with a history of LBPP. However, more robust research is needed to identify suitable or effective exercise modalities to optimize self-management of LBPP in these women.

The primary objective of the study described in this protocol is to assess the feasibility of implementing a motor control exercise program with pregnant women presenting a history of LBPP in order to reduce LBPP recurrences or limit its intensity. The secondary objective is to assess the potential effectiveness of the program. The first hypothesis is that the motor control exercise program will show high recruitment, adherence rates as well as low attrition among pregnant women with a history of LBPP in the intervention group. The second hypothesis is that the proposed motor control exercise program will reduce LBPP recurrences or limit its intensity.

Methods/design

Design

This study is a parallel randomized controlled feasibility trial involving two groups of pregnant women with either a history of LBPP or current LBPP. Participants are randomized to either standard prenatal care or standard prenatal care combined with a motor control exercise program (allocation ratio 1:1). It has been designed to assess the feasibility and the potential effectiveness

of a motor control exercise program to reduce LBPP recurrences or limit its intensity in pregnant women with a history of LBPP. This study protocol complies with the guidelines of the SPIRIT checklist [30]. The proposed study protocol has been approved by the institutional review boards of the Université du Québec à Trois-Rivières (CER-19-259-07.20) and Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ, local health services) (CÉRM-2019-004-01). The study will take place at the Université du Québec à Trois-Rivières and has been registered at Clinicaltrials.gov (NCT04253717). Before any intervention be initiated, participants will provide written informed consent in accordance with the certification delivered by the institutional review boards.

Recruitment

Recruitment of participants will be conducted at local medical clinics as well as in the local community via social media including Facebook. Medical teams will talk to pregnant women about the study and, if they are interested in participating, a research team member will meet with them and provide an overview of the study purpose and content. Those willing to participate in the study will be met at the university laboratory for the pre-intervention visit. At this visit, informed written consent will be obtained, and baseline demographics and physical measures will be collected. Participants will also complete questionnaires assessing functional disability, physical activity levels, fear avoidance behavior, anxiety, and depression. At the end of the pre-intervention visit, a member of the research team will open a sealed opaque envelope in front of the participant to reveal the participant's random allocation to one of the two groups (intervention or control group).

Eligibility criteria

Pregnant women aged 18–40 years old, carrying one fetus and being ≤ 20 weeks pregnant (based on the ultrasound performed in the first trimester of pregnancy) and presenting with a history of LBPP (currently in pain or not) will be eligible to participate in the study. Women undergoing their first LBPP episode (of at least 2 weeks duration) will also be included. The inclusion criteria are based on the potential full-scale trial objective to reduce LBPP recurrences or limit its intensity in pregnant women with a history of LBPP. To confirm the presence and intensity of LBPP and

women's eligibility for the trial, a medical history and recommended clinical tests [6, 31] will be conducted at the pre-intervention visit (baseline) by a member of the research team. Women presenting any of the following conditions will be excluded from the study: inflammatory rheumatic disease, infectious disease, neuromuscular disease, vascular disease, connective tissue disease, severe disabling pain, and neurologic signs and symptoms. Women presenting contraindications to exercise (according to the 2019 Canadian guideline for physical activity throughout pregnancy [21]) will also be excluded from the study. Women unable to understand or speak French as well as those unwilling to be randomized will also be excluded.

Sample size

Pregnant women will be recruited and randomly allocated to a control (20 participants) or intervention (20 participants) group. A sample size of 40 pregnant women was chosen based on a previous study we conducted and in which we were able to recruit 40 pregnant women in twelve months [32] and considering that over 4600 women gave birth at the local health services in 2016–2017 (including 1800 at the CIUSSS-MCQ) [33]. Furthermore, one of the study goals is to obtain an estimate of variance for the primary outcomes of a full-scale study. A minimally clinically important difference between groups has already been established and it is suggested that 10 to 20 participants per group is sufficient to inform feasibility and to plan for a larger study [34]. Between group differences in LBPP and disability score after the intervention will be used to estimate adequate sample size for future research planning.

Randomization

At the end of the pre-intervention visit, participants will be randomly allocated to one of the two groups. The randomization sequence generation will be performed by an independent research assistant using a computer random number generator while the allocation sequence concealment will be performed using sequentially numbered, opaque and sealed envelopes. To ensure good balance of factors known to affect the natural history of pregnancy-related LBPP in our small sample, two minimization criteria will be considered: baseline pain intensity and baseline physical activity levels. Participants will not be blinded to intervention allocation, but the content of the

exercise sessions will be shared only to those randomized to the intervention group to prevent cross-contamination between groups. The kinesiologist who will prescribe and supervise the exercise sessions will not take part in the pre- and post-intervention evaluations. The member who is running the pre- and post-intervention evaluations and who is managing the database, as well as the person who is supervising the exercise sessions, are not blinded. Members of the research team involved in statistical analyses will be blinded to group allocation.

Intervention

Control group

Pregnant women in the control group will receive standard prenatal care, including basic information on what to do when suffering from LBPP, which is provided in the practical guide From Tiny Tot to Toddler [35]. This guide, published by the Institut National de Santé Publique du Québec, is offered at no cost to all pregnant women in the Province of Quebec [35]. After 6 weeks postpartum, women will receive an exercise program designed to reduce LBPP they may have developed during pregnancy and that may persist after delivery.

Intervention group

Pregnant women in the intervention group will participate in three 40-min exercise sessions per week from ≤ 20 weeks of gestation until 34–36 weeks of gestation: one supervised group session via the Zoom platform (once a month, this session will take place at the Université du Québec à Trois-Rivières) and two unsupervised sessions at home.

All sessions will include a 5-min warm-up period followed by specific exercises of moderate-intensity aimed at strengthening muscles of the lumbo-pelvic-hip core complex in order to improve stabilization and alignment of the spine and pelvis (transversus abdominis, internal obliques, multifidus, pelvic floor, thigh, and hip muscles) [36, 37]. The sessions will end with gentle stretching. No specific equipment will be needed to complete the home exercise component of the program. The intervention will be adapted to the stage of pregnancy and related discomfort to

ensure a safe, individualized, and yet motivating training experience for each participant. Women will receive a weekly text message with an individually tailored home-exercise program to be completed before the next group session. The text message will contain a link giving access not only to the weekly exercise program, but also to a web-based electronic diary to help participants document their participation in the home exercise sessions (compliance and adverse events), incidence (a painful episode), frequency, and intensity of daily LBPP, as well as any treatment received to prevent and treat LBPP. Participants of this group will also access the same standard prenatal care recommendations as the control group, which includes basic information about what to do when suffering from LBPP, which is provided in the practical guide “From Tiny Tot to Toddler” [35].

Data collection

Primary outcome measures

Feasibility components: recruitment, retention, adherence rate, safety of the intervention, and acceptability

The feasibility of recruitment, evaluated for both groups at the pre-intervention visit, will be defined as the ability to recruit eligible women throughout a 12-month period. The feasibility of obtaining a successful retention rate and consequently low attrition will be assessed using the completion of pre- and post-intervention questionnaires (see below). Adherence to the protocol will be defined as attendance to the supervised group exercise sessions and completion of the unsupervised home exercise sessions. The retention and adherence rates will be evaluated for the intervention group at the post-intervention visit. Safety of the intervention will be determined based on the number of adverse events, which will be defined as symptom flare-ups that will prevent a woman from taking part in subsequent exercise sessions or injuries requiring medical attention. In addition to the kinesiologist taking note of any undesirable effects during supervised exercise group sessions, women from the intervention group will be asked to report, via weekly text messages and their web-based diary, any reaction or flare-up that is not consistent with their usual pain presentation as a result of either home exercise or supervised group exercise sessions. Information concerning adverse events will be collected for the intervention group on a weekly basis throughout

the study. Acceptability of the intervention, assessed for the intervention group at the post-intervention visit, will be determined based on how the intervention will be perceived by pregnant women (including satisfaction, practicality and accessibility assessed using 5-point Likert scales).

Secondary outcome measures

The potential effectiveness of the intervention will be assessed using the following clinical outcomes and assessment tools. All secondary outcome measures (i.e., LBPP incidence, frequency and intensity, functional disability and physical activity levels) will be obtained during the pre-intervention (≤ 20 weeks of gestation) and post-intervention (34–36 weeks of gestation) visit at the university laboratory. Fear avoidance behaviors the level of anxiety, and depression will also be assessed pre- and post-intervention, as they are considered potential prognostic factors (and confounding variables) of LBPP [38].

LBPP incidence, frequency, and intensity

Lumbar and pelvic pain presence and intensity will be evaluated using recommended clinical tests [6, 31] and a 100-mm visual analog scale (VAS) [39]. The construct validity of the visual analog scale has been shown to be significantly and positively correlated with other self-reported measures of pain intensity (i.e., 101-point numerical rating scale, 11-point box scale, 6-point behavioral rating scale, 4-point verbal rating scale, and 5-point verbal rating scale) [40, 41]. Furthermore, participants will receive weekly text messages to collect information about the incidence (first episode during pregnancy), frequency (number of days), and intensity of LBPP. The minimal clinically important difference (MCID) for this outcome will be set according to Hagg et al. (2003) who defined the difference in the score change between patients assessing themselves as “better” and those assessing themselves as “unchanged”. The MCID for this outcome will be 18–19 mm on a 100-mm VAS scale [42].

Functional disability

Functional disability will be measured using the Pelvic Girdle Questionnaire (PGQ) [43]. The PGQ is a 25-item questionnaire scored on a Likert-type scale that includes a 20-item activity subscale and a 5-item symptoms subscale. Items 1–20 and 23–25 scores range from 0 (not at all) to 3 (to large to extent) while items 21 and 22 scores range from 0 (none) to 3 (considerable) [43]. The MCID for this outcome will be 11 points [44].

Physical activity levels

Physical activity levels will be measured using the Pregnancy Physical Activity Questionnaire (PPAQ) [45]. The PPAQ is a self-administrated 33-question questionnaire which provides a comprehensive assessment of four domains of physical activity including “Sports and Exercises” (n = 9), “Household and Caregiving” (n = 16), “Transportation” (n = 3), and “Occupation” (n = 5) [45].

Fear avoidance behavior

The fear avoidance behavior will be measured using the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK) [46]. The TSK comprises 17 questions evaluating the fear of movement and physical activities resulting from being afraid to get hurt; it uses a Likert-type scale ranging from “strongly disagree” to “strongly agree” [47].

Anxiety

Anxiety levels will be measured using the State-Trait Anxiety Inventory (STAI-Y) [38]. The STAI-Y comprises two distinct scales: situational anxiety and anxiety trait. The situational anxiety is composed of 20 sentences assessing the current emotional state of the individual. The individual indicates the emotion intensity on a Likert-type scale ranging from “not at all” to “a lot” [38]. The anxiety trait is composed of 20 sentences assessing habitual emotional state of an individual. The

individual indicates the frequency with which she usually feels the symptoms on a Likert-type scale ranging from “almost never” to “almost always” [38].

Depression

Depression levels will be measured using the Beck Depression Inventory (BDI) [48]. The BDI is a 21-item questionnaire evaluating different specific behavioral manifestation of depression on a Likert-type scale reflecting the severity of depression symptoms [48].

Additional assessments

Participants will answer several questions during the pre-intervention visit to collect the following information: age, gestational age, pre-pregnancy weight, and educational level. Height and weight will be measured at the pre- and post-intervention visits.

The timeline illustrating the various interventions and outcome assessments is presented in Table 14.

Table 14 – Timeline of the various interventions and outcome assessments

Timepoint	Study period			
	Enrolment	Pre-intervention	Throughout the study	Post-intervention
Enrolment:				
Eligibility screen	X			
Informed consent	X			
Allocation		X		
Interventions:				
<i>Control group</i>			X ^a	
<i>Intervention group</i>			X ^b	
Assessments:				
<i>Primary outcomes measures</i>				
<i>Recruitment rate</i>		X		
<i>Retention rate</i>				X
<i>Adherence rate</i>				X ^c
<i>Safety of the intervention</i>			X ^c	X ^c
<i>Acceptability of the intervention</i>				X
<i>Secondary outcomes measures</i>				
<i>LBPP incidence, frequency and intensity</i>		X	X	X
<i>Functional disability</i>		X		X
<i>Physical activity levels</i>		X		X
<i>Fear avoidance behavior</i>		X		X
<i>Anxiety</i>		X		X
<i>Depression</i>		X		X

Pre-intervention visit (≤ 20 weeks of gestation); throughout the study (between pre-intervention and post-intervention visits); post-intervention visit (34–36 weeks of gestation)

^aStandard prenatal care

^bMotor control exercise program at UQTR and at home as well as standard prenatal care

^cIntervention group only

Statistical analysis

Demographic data will be presented using means and standard deviations. For primary outcome measures (recruitment, retention, adherence rate, safety, and acceptability), means, standard deviations and/or percentage will be presented. For secondary outcomes measures, descriptive statistics will be used to describe within-group changes from baseline visit to post-intervention visit (34-36 weeks of pregnancy). Differences between group in mean change with confidence intervals and effect sizes (Cohen's *d*) will be reported for each measure.

Progression criteria

The following criteria must be met in order to consider progression to a main RCT:

- Recruitment criteria: recruitment rate of 40 eligible women over a 12-month period.
- Retention criteria: retention rate of $\geq 80\%$ of recruited women.
- Adherence criteria: adherence rate of $\geq 75\%$ to the supervised and unsupervised exercise sessions.
- Safety criteria: less than 25% of women experiencing acute LBPP flare-ups interfering with daily activities.

Discussion

In the general population, there is “moderate” quality evidence that exercise has a small positive effect on the intensity of chronic LBP compared to usual care [49]. The effect size is similar to other non-pharmacological approaches recommended in the non-pregnant population for the prevention and treatment of acute or chronic LBP [49]. Compared to other cost-effective non-pharmacological prevention and treatments (e.g., acupuncture, spinal manipulation, interdisciplinary rehabilitation, or cognitive-behavioral therapy), exercise is easily accessible as part of a self-management strategy, requires minimal equipment, and can be performed at home [50]. However, the effect of exercise on LBPP (incidence and intensity) in pregnant women remains unclear. A recent systematic review and meta-analysis assessed the effect of prenatal exercise on maternal LBP, PGP, and LBPP during pregnancy [51]. According to their results, the articles selected for this study had poor quality evidence and had some methodological issues such as small sample size, high dropout rates, lack of compliance with the exercise interventions, and poor reporting on the use of co-interventions [51]. The authors concluded that various types of prenatal physical activity had a large effect on decreasing the severity of LBP, PGP, and LBPP during pregnancy but had no effect on the odds of developing these conditions [51]. Since pregnant women with LBPP seem to have decreased stability of pelvic girdle joints [6], an exercise program with specific stabilizing exercises may bring more benefits for those women [52]. Indeed, a recent study showed that a lumbar stabilization and stretching program was effective in reducing LBPP in pregnant women [53]. Therefore, a motor control exercises program may be ideal since it includes coordination and balance exercises [54].

The study explores a pragmatic approach for the prevention and treatment of LBPP through a motor control exercise program combining supervised (university laboratory) and unsupervised (home) exercise sessions. Considering that the pregnant women included in this study have either a history of LBPP or are currently experiencing LBPP, secondary prevention for this population is obviously relevant. This motor control exercise program will allow pregnant women to progress at their own pace through different levels of exercises. In addition, the use of technology in the follow-up of the women will make the approach flexible and adapted to their daily routines.

This feasibility study aims to provide preliminary data to inform a future full-scale clinical study investigating the effects of a motor control exercise program in pregnant women presenting a history of LBPP. It is essential to understand the impact of such an exercises program on the women's quality of life and behaviors, as well as on maternal and fetal health since many women will experience LBPP during their pregnancy and even after delivery.

Trial status

The recruitment of pregnant women has begun in April 2021.

Availability of data and materials

Data sharing is not applicable to this article as no datasets were generated or analyzed during the current study.

Abbreviations

BDI: Beck Depression Inventory

CIUSSS-MCQ: Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec

LBP: Low back pain

LBPP:

Lumbopelvic pain

MCID: Minimal clinically important difference

PGP: Pelvic girdle pain

PGQ: Pelvic Girdle Questionnaire

PPAQ: Pregnancy Physical Activity Questionnaire

STAI-Y: State-Trait Anxiety Inventory

TSK: Tampa Scale of Kinesiophobia

UQTR: Université du Québec à Trois-Rivières

References

1. Bergström C, Persson M, Mogren I. Pregnancy-related low back pain and pelvic girdle pain approximately 14 months after pregnancy—pain status, self-rated health and family situation. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2014;14(1):48.
2. Elden H, Gutke A, Kjellby-Wendt G, Fagevik-Olsen M, Ostgaard H-C. Predictors and consequences of long-term pregnancy-related pelvic girdle pain: a longitudinal follow-up study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17(1):276.
3. Skaggs CD, Prather H, Gross G, George JW, Thompson PA, Nelson DM. Back and pelvic pain in an underserved United States pregnant population: a preliminary descriptive survey. *J Manip Physiol Ther*. 2007;30(2):130–4.
4. Vermani E, Mittal R, Weeks A. Pelvic girdle pain and low back pain in pregnancy: a review. *Pain Pract*. 2010;10(1):60–71.
5. Wu W, Meijer OG, Uegaki K, Mens J, Van Dieen J, Wuisman P, et al. Pregnancy-related pelvic girdle pain (PPP), I: Terminology, clinical presentation, and prevalence. *Eur Spine J*. 2004;13(7):575–89.
6. Vleeming A, Albert HB, Östgaard HC, Sturesson B, Stuge B. European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *Eur Spine J*. 2008;17(6):794–819.
7. Aldabe D, Ribeiro DC, Milosavljevic S, Bussey MD. Pregnancy-related pelvic girdle pain and its relationship with relaxin levels during pregnancy: a systematic review. *Eur Spine J*. 2012;21(9):1769–76.

8. Greenwood CJ, Stainton MC. Back pain/discomfort in pregnancy: invisible and forgotten. *J Perinat Educ.* 2001;10(1):1.
9. Franklin ME, Conner-Kerr T. An analysis of posture and back pain in the first and third trimesters of pregnancy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(3):133–8.
10. Hirabayashi Y, Shimizu R, Fukuda H, Saitoh K, Furuse M. Anatomical configuration of the spinal column in the supine position. II. Comparison of pregnant and non-pregnant women. *Br J Anaesth.* 1995;75(1):6–8.
11. Yousef AM, Hanfy HM, Elshamy FF, Awad MA, Kandil IM. Postural Changes during Normal Pregnancy. *J Am Sci.* 2011;7(6):1013–8.
12. Dumas G, Reid J, Wolfe L, Griffin M, McGrath M. Exercise, posture, and back pain during pregnancy: Part 1. Exercise and posture. *Clin Biomech.* 1995;10(2):98–103.
13. Rodacki CL, Fowler NE, Rodacki AL, Birch K. Stature loss and recovery in pregnant women with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(4):507–12.
14. Sihvonen T, Huttunen M, Makkonen M, Airaksinen O. Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(10):1210–2.
15. Bastiaanssen JM, de Bie RA, Bastiaenen CH, Essed GG, van den Brandt PA. A historical perspective on pregnancy-related low back and/or pelvic girdle pain. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2005;120(1):3–14.

16. Gutke A, Betten C, Degerskär K, Pousette S, Olsén MF. Treatments for pregnancy-related lumbopelvic pain: a systematic review of physiotherapy modalities. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2015;94(11):1156–67.
17. Elden H, Lundgren I, Robertson E. Life's pregnant pause of pain: pregnant women's experiences of pelvic girdle pain related to daily life: a Swedish interview study. *Sex Reprod Healthc*. 2013;4(1):29–34.
18. Engeset J, Stuge B, Fegran L. Pelvic girdle pain affects the whole life—a qualitative interview study in Norway on women's experiences with pelvic girdle pain after delivery. *BMC Res Notes*. 2014;7(1):686.
19. Owe KM, Nystad W, Bø K. Correlates of regular exercise during pregnancy: the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(5):637–45.
20. Mottola MF, Davenport MH, Ruchat S-M, Davies GA, Poitras VJ, Gray CE, et al. 2019 Canadian guideline for physical activity throughout pregnancy. *Br J Sports Med*. 2018;52(21):1339–46.
21. Mottola MF, Davenport MH, Ruchat S-M, Davies GA, Poitras V, Gray C, et al. N° 367-2019 lignes directrices canadiennes sur l'activité physique durant la grossesse. *J Obstet Gynaecol Can*. 2018;40(11):1538–48.
22. Davenport MH, Ruchat S-M, Poitras VJ, Garcia AJ, Gray CE, Barrowman N, et al. Prenatal exercise for the prevention of gestational diabetes mellitus and hypertensive disorders of pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52(21):1367–75.

23. Ruchat S-M, Mottola MF, Skow RJ, Nagpal TS, Meah VL, James M, et al. Effectiveness of exercise interventions in the prevention of excessive gestational weight gain and postpartum weight retention: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52(21):1347–56.
24. Sinclair M, Close C, McCullough J, Hughes C, Liddle S. How do women manage pregnancy-related low back and/or pelvic pain? Descriptive findings from an online survey. *Evid Based Midwifery.* 2014;12(3):76–82.
25. Wang SM, DeZinno P, Fermo L, William K, Caldwell-Andrews AA, Bravemen F, et al. Complementary and alternative medicine for low-back pain in pregnancy: a cross-sectional survey. *J Altern Complement Med.* 2005;11(3):459–64.
26. Pennick V, Liddle SD. Interventions for preventing and treating pelvic and back pain in pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(8):CD001139.
27. Close C, Sinclair M, Liddle SD, Madden E, McCullough JE, Hughes C. A systematic review investigating the effectiveness of Complementary and Alternative Medicine (CAM) for the management of low back and/or pelvic pain (LBPP) in pregnancy. *J Adv Nurs.* 2014;70(8):1702–16.
28. Davenport MH, McCurdy AP, Mottola MF, Skow RJ, Meah VL, Poitras VJ, et al. Impact of prenatal exercise on both prenatal and postnatal anxiety and depressive symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52(21):1376–85.
29. Gutke A, Olsson CB, Völlestad N, Öberg B, Wikmar LN, Robinson HS. Association between lumbopelvic pain, disability and sick leave during pregnancy—a comparison of three Scandinavian cohorts. *J Rehabil Med.* 2014;46(5):468–74.

30. Chan A-W, Tetzlaff JM, Altman DG, Laupacis A, Gøtzsche PC, Krleža-Jerić K, et al. SPIRIT 2013 statement: defining standard protocol items for clinical trials. *Ann Intern Med.* 2013;158(3):200–7.
31. Sivayogam A, Banerjee A. Diagnostic performance of clinical tests for sacroiliac joint pain. *Phys Ther Rev.* 2011;16(6):462–7.
32. Lardon E, St-Laurent A, Babineau V, Descarreaux M, Ruchat S-M. Lumbopelvic pain, anxiety, physical activity and mode of conception: a prospective cohort study of pregnant women. *BMJ Open.* 2018;8(11):e022508.
33. Ensemble soyons unique. Le rapport annuel de gestion 2016-2017 du CIUSSS MCQ. Accessible à <https://ciusssmcq.ca/telechargement/606/rapport-annuel-2016-2017>.
34. Hertzog MA. Considerations in determining sample size for pilot studies. *Res Nurs Health.* 2008;31(2):180–91.
35. (INSPQ) INdSPdQ. From Tiny Tot to Toddler : A practical guide for parents from pregnancy to age two 2019 [Available from: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/mieux-vivre/pdf/tt2019_guide_complet.pdf].
36. Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS, Manske RC. Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation: Elsevier Health Sciences; 2015.

37. Kahyaoglu Sut H, Balkanli KP. Effect of pelvic floor muscle exercise on pelvic floor muscle activity and voiding functions during pregnancy and the postpartum period. *Neurourol Urodyn.* 2016;35(3):417–22.
38. Gauthier J, Bouchard S. Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State–Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Can J Behav Sci.* 1993;25(4):559.
39. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). *Arthritis Care Res.* 2011;63(S11):S240–S52.
40. Ostelo RW, de Vet HC. Clinically important outcomes in low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2005;19(4):593–607.
41. Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain.* 1986;27(1):117–26.
42. Hägg O, Fritzell P, Nordwall A. The clinical importance of changes in outcome scores after treatment for chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2003;12(1):12–20.
43. Girard M-P, Marchand A-A, Stuge B, Ruchat S-M, Descarreaux M. Cross-cultural adaptation of the Pelvic Girdle Questionnaire for the French-Canadian population. *J Manip Physiol Ther.* 2016;39(7):494–9.

44. Ogollah R, Bishop A, Lewis M, Grotle M, Foster NE. Responsiveness and Minimal Important Change for Pain and Disability Outcome Measures in Pregnancy-Related Low Back and Pelvic Girdle Pain. *Phys Ther.* 2019;99(11):1551–61.
45. Chandonnet N, Saey D, Alméras N, Marc I. French Pregnancy Physical Activity Questionnaire compared with an accelerometer cut point to classify physical activity among pregnant obese women. *PLoS One.* 2012;7(6):e38818.
46. Miller RP, Kori SH, Todd DD. The Tampa Scale: a measure of kinesiophobia. *Clin J Pain.* 1991;7(1):51.
47. French DJ, Roach PJ, Mayes S. Peur du mouvement chez des accidentés du travail: L'Échelle de Kinésiophobie de Tampa (EKT). *Can J Behav Sci.* 2002;34(1):28.
48. Bourque P, Beaudette D. Étude psychométrique du questionnaire de dépression de Beck auprès d'un échantillon d'étudiants universitaires francophones. *Can J Behav Sci.* 1982;14(3):211.
49. Chou R, Deyo R, Friedly J, Skelly A, Hashimoto R, Weimer M, et al. Nonpharmacologic therapies for low back pain: a systematic review for an American College of Physicians clinical practice guideline. *Ann Intern Med.* 2017;166(7):493–505.
50. Lin C-WC, Haas M, Maher CG, Machado LA, van Tulder MW. Cost-effectiveness of guideline-endorsed treatments for low back pain: a systematic review. *Eur Spine J.* 2011;20(7):1024–38.

51. Davenport MH, Marchand A-A, Mottola MF, Poitras VJ, Gray CE, Garcia AJ, et al. Exercise for the prevention and treatment of low back, pelvic girdle and lumbopelvic pain during pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;56(3):297–306.
52. Stuge B, Lærum E, Kirkesola G, Vøllestad N. The efficacy of a treatment program focusing on specific stabilizing exercises for pelvic girdle pain after pregnancy: a randomized controlled trial. *Spine.* 2004;29(4):351–9.
53. Fontana Carvalho AP, Dufresne SS, Rogerio de Oliveira M, Couto Furlanetto K, Dubois M, Dallaire M, et al. Effects of lumbar stabilization and muscular stretching on pain, disabilities, postural control and muscle activation in pregnant woman with low back pain. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2020;56(3):297–306.
54. ACSM. ACSM's resources for the personal trainer. 3rd ed. 2010.

Acknowledgements

Not applicable.

Funding

This study was supported by the Chaire de recherche internationale en santé neuromusculosquelettique and the Chaire de recherche junior de l'UQTR en activité physique et santé maternelle et néonatale, and their partner the Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec. This work was also supported by the Réseau Provincial de Recherche en Adaptation-Réadaptation (REPAR). The funding agencies has no role in the development of the protocol.

Author information

Affiliations

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

Catherine Daneau

Department of Chiropractics, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada

Andrée-Anne Marchand, André Bussièrès & Julie O'Shaughnessy

School of Physical and Occupational Therapy, McGill University, Montreal, Canada

André Bussièrès

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

Stephanie-May Ruchat & Martin Descarreaux

Contributions

CD has participated in the conception of the study, wrote the manuscript, and is involved in the project management. AAM, AB, JO participated in the conception of the study, critically revised the manuscript, and served as clinical experts. SMR and MD were involved in the conception of the study, supervision, project management, and critical revision of the manuscript. The authors read and approved the final manuscript.

Corresponding author

Correspondence to Catherine Daneau.

Ethics declarations

Ethics approval and consent to participate

The study protocol has been approved by the institutional review boards of the Université du Québec à Trois-Rivières (CER-19-259-07.20) and Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ, local health services) (CÉRM-2019-004-01). Written, informed consent to participate will be obtained from all participants.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Additional information

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Supplementary Information

Additional file 1.

SPIRIT 2013 Checklist: Recommended items to address in a clinical trial protocol and related documents.

Annexe B . Détails de la recherche de la littérature (recherche bibliographique) (article 1)

MEDLINE

Mots clés non-MeSH	MeSH
GROUPE 1	
Hormon*	Hormones
Relaxin*	Relaxin
Estrogen*	Estrogens
Progest*	Progestins Progesterone
GROUPE 2	
Pregnan*	Pregnancy
GROUPE 3	
Back pain	Back pain, (low back pain)
Backache	NA
Pelvic pain	Pelvic pain
Pelvic girdle pain	Pelvic girdle pain

Recherche non-MeSH

1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”	
2	“Pregnan*”	
3	“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”	
	S1 AND S2 AND S3 (“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”) AND “Pregnan*” AND (“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”)	N = 273

Recherche MeSH

1	Hormones OR relaxin OR estrogens OR progestins OR progesterone	
2	Pregnancy	
3	Back pain OR pelvic pain OR pelvic girdle pain	
	S1 AND S2 AND S3 ((MH "Hormones") OR (MH "Relaxin") OR (MH "Estrogens") OR (MH "Progestins") OR (MH "Progesterone")) AND (MH "Pregnancy") AND ((MH "Back pain") OR (MH "Pelvic pain") OR (MH "Pelvic girdle pain")))	N = 16
1	Hormon* OR relaxin* OR estrogen* OR progestin*	
2	Pregnancy	
3	Back pain OR pelvic pain OR pelvic girdle pain	
	S1 AND S2 AND S3 (Hormon* OR relaxin* OR estrogen* OR progestin*) AND ((MH "Pregnancy") AND ((MH "Back pain") OR (MH "Pelvic pain") OR (MH "Pelvic girdle pain")))	N = 56

N = 354

Academic Search Complete

Mots clés non-MeSH	MeSH
GROUPE 1	
Hormon*	Hormones
Relaxin*	Relaxin
Estrogen*	Estrogen
Progest*	Progestational hormones Progesterone
GROUPE 2	
Pregnan*	Pregnancy
GROUPE 3	
Back pain	backache
Pelvic pain	Pelvic pain
Pelvic girdle pain	NA

Recherche non-MeSH

1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progestin*”	
2	“Pregnan*”	
3	“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”	
	S1 AND S2 AND S3 (“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”) AND “Pregnan*” AND (“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”)	N = 94

Recherche MeSH

1	Hormones OR relaxin OR estrogen OR progesterone OR progestational hormones	
2	Pregnancy	
3	Backache OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3 ("Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progest*") AND "Pregnan*" AND ("Back pain" OR "pelvic pain" OR "pelvic girdle pain" OR "backache")	N = 6
1	"Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progestin*"	
2	Pregnancy	
3	Backache OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3 (((DE "HORMONES") OR (DE "RELAXIN")) OR (DE "ESTROGEN")) OR (DE "PROGESTERONE")) OR (DE "PROGESTATIONAL hormones") AND "Pregnan*" AND ("Back pain" OR "pelvic pain" OR "pelvic girdle pain" OR "backache")	N = 14

N = 114

CINAHL

Mots clés non-MeSH	MeSH
GROUPE 1	
Hormon*	Hormones
Relaxin*	NA
Estrogen*	Estrogens
Progest*	Progestational hormones Progesterone
GROUPE 2	
Pregnan*	pregnancy
GROUPE 3	
Back pain	Back pain
Backache	NA
Pelvic pain	Pelvic pain
Pelvic girdle pain	(pelvic pain)

Recherche non-MeSH

1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”	
2	“Pregnan*”	
3	“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”	
	S1 AND S2 AND S3 (“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”) AND “Pregnan*” AND (“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”)	N = 45

Recherche MeSH

1	Hormones OR estrogen OR progestational hormones OR progesterones	
2	Pregnancy	
3	Back pain OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3 ((MH "Hormones") OR (MH "Estrogen") OR (MH "Progestational hormones") OR (MH "Progesterone")) AND (MH "Pregnancy") AND ((MH "Back pain") OR (MH "Pelvic pain")))	N = 4
1	"Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progestin*"	
2	Pregnancy	
3	Back pain OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3 (("Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progest*") AND (MH "Pregnancy") AND (((MH "Back pain") OR (MH "Pelvic pain"))))	N = 18

N = 67

SportDiscus

Mots clés non-MeSH	MeSH
GROUPE 1	
Hormon*	Hormones
Relaxin*	NA
Estrogen*	Estrogen
Progest*	Progesterone
GROUPE 2	
Pregnan*	Pregnancy
GROUPE 3	
Back pain	Backache
Backache	NA
Pelvic pain	Pelvic pain
Pelvic girdle pain	NA

Recherche non-MeSH

1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”	
2	“Pregnan*”	
3	“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”	
	S1 AND S2 AND S3 (“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”) AND “Pregnan*” AND (“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”)	N = 13

Recherche MeSH

1	Hormones OR estrogen OR progesterone	
2	Pregnancy	
3	Backache OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3 ((DE "HORMONES") OR (DE "ESTROGEN")) OR (DE "PROGESTERONE") AND (DE "PREGNANCY") AND (DE "BACKACHE") OR (DE "PELVIC pain")	N = 0
1	"Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progest*"	
2	Pregnancy	
3	Backache OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3 (("Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progest*")) AND (DE "PREGNANCY") AND ((DE "BACKACHE") OR (DE "PELVIC pain"))	N = 6

N = 19

PsycINFO

Mots clés non-MeSH	MeSH
GROUPE 1	
Hormon*	Hormones
Relaxin*	NA
Estrogen*	Estrogens
Progest*	Progestational hormones Progesterone
GROUPE 2	
Pregnan*	Pregnancy
GROUPE 3	
Back pain	Back pain
Backache	
Pelvic pain	NA
Pelvic girdle pain	NA

Recherche non-MeSH

1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”	
2	“Pregnan*”	
3	“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain”	
	S1 AND S2 AND S3 (“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”) AND “Pregnan*” AND (“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”)	N = 10

Recherche MeSH

1	Hormones OR progestational hormones OR estrogens OR progesterone	
2	Pregnancy	
3	Back pain	
	S1 AND S2 AND S3 (((DE "Hormones") OR (DE "Estrogens")) OR (DE "Progesterone")) OR (DE "Progestational hormones") AND (DE "Pregnancy") AND (DE "Back Pain")	N = 0
1	"Hormon*" OR "relaxin*" OR "estrogen*" OR "progest*"	
2	Pregnancy	
3	Back pain	
	S1 AND S2 AND S3	N = 0

N = 10

Cochrane

Mots clés non-MeSH	MeSH
GROUPE 1	
Hormon*	Hormones
Relaxin*	Relaxin
Estrogen*	Estrogens
Progest*	Progestins
GROUPE 2	
Pregnan*	Pregnancy
GROUPE 3	
Back pain	Back pain
Pelvic pain	Pelvic pain
Pelvic girdle pain	Pelvic girdle pain / NA

Recherche non-MeSH

1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”	
2	“Pregnan*”	
3	“Back pain” OR “pelvic pain” OR “backache”	
	S1 AND S2 AND S3 (“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”) AND “Pregnan*” AND (“Back pain” OR “pelvic pain” OR “pelvic girdle pain” OR “backache”)	N = 450

Recherche MeSH

1	Hormones OR relaxin OR estrogens OR progestins	
2	Pregnancy	
3	Back pain OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3	N = 4
1	“Hormon*” OR “relaxin*” OR “estrogen*” OR “progest*”	
2	Pregnancy	
3	Back pain OR pelvic pain	
	S1 AND S2 AND S3	N = 6

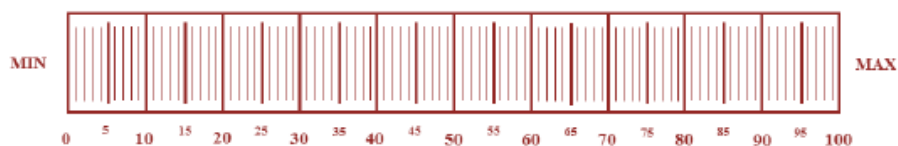
N = 460

Annexe C . Questionnaire de douleur à la ceinture pelvienne



Questionnaire sur les douleurs à la ceinture pelvienne (Version française (Québec))^a

Avant de commencer, en vous référant à l'échelle d'intensité de la douleur, veuillez indiquer sur l'échelle de 0 à 100 ci-dessous le niveau actuel de votre douleur à la ceinture pelvienne:



Résultat: / 100

Dans quelle mesure trouvez-vous difficile de réaliser les activités listées ci-dessous en raison de douleur au niveau de la ceinture pelvienne (voir image)? Pour chaque activité, veuillez cocher la case qui décrit le mieux votre état actuel.

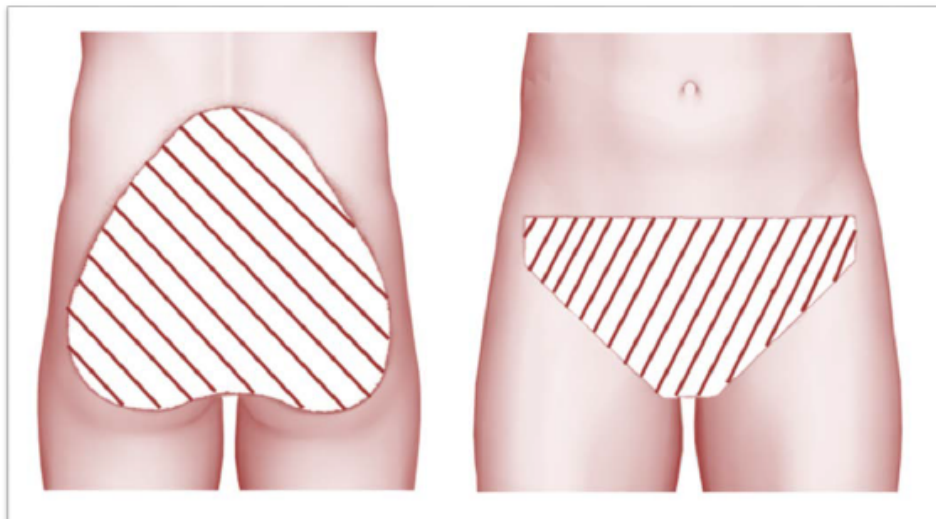


Figure : Les zones hachurées localisent la région de la ceinture pelvienne.

^a Stuge B, Garratt A, Krogstad Jenssen H, Grotle M. The pelvic girdle questionnaire: a condition-specific instrument for assessing activity limitations and symptoms in people with pelvic girdle pain. *Phys Ther.* 2011 Jul;91(7):1096-108.

Girard MP, Marchand AA, Stuge B, Ruchart SM, Descarreaux M. Cross-cultural Adaptation of the Pelvic Girdle Questionnaire for the French-Canadian Population. *J Manipulative Physiol Ther.* 2016 39(7):494-499.



Université du Québec
à Trois-Rivières

Dans quelle mesure trouvez-vous difficile de réaliser les activités listées ci-dessous en raison de douleur au niveau de la ceinture pelvienne? Pour chaque activité, veuillez cocher la case qui décrit le mieux votre état actuel.

En raison de vos douleurs à la ceinture pelvienne, à quel point trouvez-vous difficile de :	Pas du tout (0)	Un peu (1)	Modérément (2)	Beaucoup (3)
1. Vous habiller				
2. Vous tenir debout moins de 10 minutes				
3. Vous tenir debout plus de 60 minutes				
4. Vous pencher vers l'avant				
5. Être assis moins de 10 minutes				
6. Être assis plus de 60 minutes				
7. Marcher moins de 10 minutes				
8. Marcher plus de 60 minutes				
9. Monter des escaliers				
10. Réaliser des tâches domestiques				
11. Porter des objets légers				
12. Porter des objets lourds				
13. Vous lever/vous assoir				
14. Pousser un panier d'épicerie				
15. Courir				
16. Faire des activités sportives*				
17. Vous allonger				
18. Vous tourner dans votre lit				
19. Avoir une vie sexuelle normale*				
20. Pousser quelque chose avec votre pied				

* Si ce n'est pas applicable à votre situation, cochez la petite case à la droite du tableau.

Quel niveau de douleur ressentez-vous :	Aucune douleur (0)	Douleur faible (1)	Douleur modérée (2)	Douleur sévère (3)
21. Le matin				
22. Le soir				

En raison de votre douleur au niveau de la ceinture pelvienne, à quel point :	Pas du tout (0)	Un peu (1)	Modérément (2)	Beaucoup (3)
23. Votre jambe /vos jambes se dérobe(nt)-elle(s)? (Faiblesse soudaine)				
24. Faites-vous les choses plus lentement?				
25. Votre sommeil est-il perturbé?				

Stuge B, Garratt A, Krogstad Jenssen H, Grotle M. The pelvic girdle questionnaire: a condition-specific instrument for assessing activity limitations and symptoms in people with pelvic girdle pain. *Phys Ther.* 2011 Jul;91(7):1096-108.

Girard MP, Marchand AA, Stuge B, Ruchart SM, Descarreaux M. Cross-cultural Adaptation of the Pelvic Girdle Questionnaire for the French-Canadian Population. *J Manipulative Physiol Ther.* 2016 39(7):494-499.

UQTR



Université du Québec
à Trois-Rivières

Annexe D . STarT Back outil triant

The Keele STarT Back Screening Tool – Fr				
Nom du patient: _____ Date: _____				
Cochez la case en fonction de votre accord ou désaccord aux affirmations suivantes en vous référant à ces 2 dernières semaines :				
		Pas d'accord 0		D'accord 1
1	À un moment donné, au cours des 2 dernières semaines, mon mal de dos s'est propagé dans mon/mes membre(s) inférieur(s).	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2	À un moment donné, au cours des 2 dernières semaines, j'ai eu mal à l'épaule ou au cou.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3	Je n'ai parcouru à pied que de courtes distances à cause de mon mal de dos.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4	Au cours des 2 dernières semaines, je me suis habillé(e) plus lentement que d'habitude à cause de mon mal de dos.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5	Il n'est pas vraiment prudent pour une personne dans mon état d'être actif sur le plan physique.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6	J'ai souvent été préoccupé(e) par mon mal de dos.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
7	Je considère que mon mal de dos est épouvantable et j'ai l'impression que cela ne s'améliorera jamais.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8	De manière générale, je n'ai pas apprécié toutes les choses comme j'en avais l'habitude à cause de mon mal de dos.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9	Globalement, à quel point votre mal de dos vous a-t-il gêné(e) au cours des 2 dernières semaines?			
	Pas du tout	Un peu	Modérément	Beaucoup
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	0	0	0	1
				1
Score total (les 9 items): _____ Sous-Score (Items 5-9): _____				

Adapted from Bruyere et al. Archives of Public Health 2012, 70:12 doi:10.1186/0778-7367-70-12

Full version of the manuscript can be found here: <http://www.archpublichealth.com/content/70/1/12>

Annexe E . Questionnaire sur le catastrophisme

Institut de kinésiologie du Québec

Questionnaire PCS

(Sullivan, M.J.L, Bishop, S.R, Pivik, J. (1995) The pain catastrophizing scale: development and validation. Psychol. Assess. vol 7, 524-532)

Nom : _____ Date : _____

Chacun d'entre nous aura à subir des expériences douloureuses. Cela peut être la douleur associée aux maux de tête, à un mal de dent, ou encore la douleur musculaire ou aux articulations. Il nous arrive souvent d'avoir à subir des expériences douloureuses telles que la maladie, une blessure, un traitement dentaire ou une intervention chirurgicale.

Dans le présent questionnaire, nous vous demandons de décrire le genre de pensées et d'émotions que vous avez quand vous avez de la douleur. Vous trouverez ci-dessous treize énoncés décrivant différentes pensées et émotions qui peuvent être associées à la douleur. Veuillez indiquer à quel point vous avez ces pensées et émotions, selon l'échelle ci-dessous, quand vous avez de la douleur.

0 – pas du tout 1 – quelque peu 2 – de façon modère 3 – beaucoup 4 – tout le temps

Quand j'ai de la douleur ...

- 1 J'ai peur qu'il n'y aura pas de fin à la douleur.
- 2 Je sens que je ne peux pas continuer.
- 3 C'est terrible et je pense que ça ne s'améliorera jamais.
- 4 C'est affreux et je sens que c'est plus fort que moi.
- 5 Je sens que je ne peux plus supporter la douleur.
- 6 J'ai peur que la douleur s'empire.
- 7 Je ne fais que penser à d'autres expériences douloureuses.
- 8 Avec inquiétude, je souhaite que la douleur disparaisse.
- 9 Je ne peux m'empêcher d'y penser.
- 10 Je ne fais que penser à quel point ça fait mal.
- 11 Je ne fais que penser à quel point je veux que la douleur disparaisse.
- 12 Il n'y a rien que je puisse faire pour réduire l'intensité de la douleur.
- 13 je me demande si quelque chose de grave va se produire.

Annexe F . Questionnaire sur la notion d’appréhension- évitement

QUESTIONNAIRE SUR LA NOTION D'APPREHENSION-EVITEMENT

Voici des notions que d'autres patients nous ont exprimées au sujet de leur douleur. Pour chaque affirmation veuillez entourer un chiffre de 0 à 6 pour indiquer combien les activités physiques telles se pencher, soulever, marcher, conduire, influent ou pourraient influencer sur votre mal de dos. Entre 0 et 6 le chiffre que vous entourerez exprimera le degré d'accord ou de désaccord avec la proposition.

	Désaccord total			Incertain			Accord total
1. Ma douleur a été provoquée par l'activité physique	0	1	2	3	4	5	6
2. L'activité physique aggrave ma douleur	0	1	2	3	4	5	6
3. L'activité physique pourrait abîmer mon dos	0	1	2	3	4	5	6
4. Je ne devrais pas faire d'activités physiques lesquelles pourraient aggraver ma douleur	0	1	2	3	4	5	6
5. Je ne peux pas faire d'activités physiques lesquelles pourraient aggraver ma douleur	0	1	2	3	4	5	6

Les affirmations suivantes concernent la manière dont votre travail habituel influe ou pourrait influencer sur votre mal de dos

	Désaccord total			Incertain			Accord total
6. La douleur a été provoquée par mon travail ou par un accident de travail	0	1	2	3	4	5	6
7. Mon travail a aggravé ma douleur	0	1	2	3	4	5	6
8. J'ai droit à une indemnisation pour ma douleur	0	1	2	3	4	5	6
9. Mon travail est trop dur pour moi	0	1	2	3	4	5	6
10. Mon travail augmente ou pourrait augmenter mes douleurs	0	1	2	3	4	5	6
11. Mon travail pourrait abîmer mon dos	0	1	2	3	4	5	6
12. Je ne devrais pas faire mon travail habituel avec ma douleur actuelle	0	1	2	3	4	5	6
13. Je ne peux pas faire mon travail habituel avec ma douleur actuelle	0	1	2	3	4	5	6
14. Je ne peux pas faire mon travail habituel avant que mes douleurs soient traitées efficacement	0	1	2	3	4	5	6
15. Je ne pense pas que je pourrai reprendre mon travail habituel avant 3 mois	0	1	2	3	4	5	6
16. Je ne pense pas que je pourrai un jour être capable de reprendre ce travail	0	1	2	3	4	5	6

Score

Facteur 1 : notion d'appréhension-évitement concernant le travail – items 6,7,9,10,11,12,15

Facteur 2 : notion d'appréhension-évitement concernant l'activité physique – items 2,3,4,5

TOTAL FACTEUR 1 : |__|__|

TOTAL FACTEUR 2 : |__|__|

Annexe G . Échelle de kinésiophobie de Tampa

Consignes : Veuillez lire attentivement chaque question et encrer le numéro qui correspond le mieux à vos sentiments.		Fortement en désaccord	Quelque peu en désaccord	Quelque peu en accord	Fortement en accord
1.	J'ai peur de me blesser si je fais de l'activité physique	1	2	3	4
2.	Ma douleur ne ferait qu'intensifier si j'essayais de la vaincre	1	2	3	4
3.	Mon corps me dit que quelque chose ne va vraiment pas	1	2	3	4
4.	Si je faisais de l'activité physique, ma douleur serait probablement soulagée *	1	2	3	4
5.	Les gens ne prennent pas mon état de santé assez au sérieux	1	2	3	4
6.	Mon accident a mis mon corps en danger pour le reste de mes jours	1	2	3	4
7.	La douleur signifie toujours que je me suis blessé(e)	1	2	3	4
8.	Même si quelque chose aggrave ma douleur, cela ne veut pas dire que c'est dangereux *	1	2	3	4
9.	J'ai peur de me blesser accidentellement	1	2	3	4
10.	La meilleure façon d'empêcher que ma douleur s'aggrave est de m'assurer de ne pas faire des mouvements inutiles	1	2	3	4
11.	Je n'aurais pas tant de douleurs s'il ne se passait pas quelque chose de grave dans mon corps	1	2	3	4
12.	Bien que ma condition soit pénible, je serais mieux si j'étais physiquement actif(ve) *	1	2	3	4
13.	La douleur m'indique quand arrêter de faire des activités physiques pour que je ne me blesse pas	1	2	3	4
14.	Il n'est pas prudent qu'une personne avec un état de santé comme le mien soit physiquement active	1	2	3	4
15.	Je ne peux pas faire tout ce qu'une personne normale peut faire parce que j'ai plus de risques de me blesser	1	2	3	4
16.	Bien qu'il y ait quelque chose qui me cause beaucoup de douleurs, je ne pense pas que ce soit vraiment grave *	1	2	3	4
17.	Personne ne devrait être obligé de faire des exercices lorsqu'il(elle) ressent de la douleur	1	2	3	4

Annexe H . Inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété – forme Y

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION PERSONNELLE

Développé par Charles D. Spielberger
en collaboration avec
R.L. Gorsuch, R. Lushene, P.R. Vagg, et G. A. Jacobs
Traduit et adapté par Janel G. Gauthier
en collaboration avec Stéphane Bouchard
IASTA (Forme Y-1)

Nom _____ Date _____ S _____
Age _____ Sexe: M ____ F ____ T _____

CONSIGNES: Vous trouverez ci-dessous un certain nombre d'énoncés que les gens ont déjà utilisés pour se décrire. Lisez chaque énoncé, puis en encerclant le chiffre approprié à droite de l'énoncé, indiquez comment vous vous sentez maintenant, c'est-à-dire à ce moment précis. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne vous attardez pas trop longtemps sur un énoncé ou l'autre mais donnez la réponse qui vous semble décrire le mieux les sentiments que vous éprouvez présentement.

	PAS DU TOUT	UN PEU	MODÉRÉMENT	BEAUCOUP
1. Je me sens calme	1	2	3	4
2. Je me sens en sécurité	1	2	3	4
3. Je suis tendu(e)	1	2	3	4
4. Je me sens surmené(e)	1	2	3	4
5. Je me sens tranquille	1	2	3	4
6. Je me sens bouleversé(e)	1	2	3	4
7. Je suis préoccupé(e) actuellement par des malheurs possibles	1	2	3	4
8. Je me sens comblé(e)	1	2	3	4
9. Je me sens effrayé(e)	1	2	3	4
10. Je me sens à l'aise	1	2	3	4
11. Je me sens sûr(e) de moi	1	2	3	4
12. Je me sens nerveux(se)	1	2	3	4
13. Je suis affolé(e)	1	2	3	4
14. Je me sens indécis(e)	1	2	3	4
15. Je suis détendu(e)	1	2	3	4
16. Je me sens satisfait(e)	1	2	3	4
17. Je suis préoccupé(e)	1	2	3	4
18. Je me sens tout mêlé(e)	1	2	3	4
19. Je sens que j'ai les nerfs solides	1	2	3	4
20. Je me sens bien	1	2	3	4

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION PERSONNELLE
IASTA (Forme Y-2)

NOM _____ Date _____

CONSIGNES: Vous trouverez ci-dessous un certain nombre d'énoncés qui ont déjà été utilisés par les gens pour se décrire. Lisez chaque énoncé, puis en encerclant le chiffre approprié à droite de l'énoncé, indiquez comment vous vous sentez en général. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne vous attardez pas trop longtemps sur un énoncé ou l'autre mais donnez la réponse qui vous semble décrire le mieux les sentiments que vous éprouvez en général.

	PRESQUE JAMAIS	QUELQUEFOIS	SOUVENT	PRESQUE TOUJOURS
21. Je me sens bien	1	2	3	4
22. Je me sens nerveux(se) et agité(e)	1	2	3	4
23. Je me sens content(e) de moi-même	1	2	3	4
24. Je voudrais être aussi heureux(se) que les autres semblent l'être	1	2	3	4
25. J'ai l'impression d'être un(e) raté(e)	1	2	3	4
26. Je me sens reposé(e)	1	2	3	4
27. Je suis d'un grand calme	1	2	3	4
28. Je sens que les difficultés s'accumulent au point où je n'arrive pas à les surmonter	1	2	3	4
29. Je m'en fais trop pour des choses qui n'en valent pas vraiment la peine	1	2	3	4
30. Je suis heureux(se)	1	2	3	4
31. J'ai des pensées troublantes	1	2	3	4
32. Je manque de confiance en moi	1	2	3	4
33. Je me sens en sécurité	1	2	3	4
34. Prendre des décisions m'est facile	1	2	3	4
35. Je sens que je ne suis pas à la hauteur de la situation	1	2	3	4
36. Je suis satisfait(e)	1	2	3	4
37. Des idées sans importance me passent par la tête et me tracassent	1	2	3	4
38. Je prends les déceptions tellement à coeur que je n'arrive pas à les chasser de mon esprit	1	2	3	4
39. Je suis une personne qui a les nerfs solides	1	2	3	4
40. Je deviens tendu(e) ou bouleversé(e) quand je songe à mes préoccupations et à mes intérêts récents	1	2	3	4

© Tous droits réservés.

Annexe I . Inventaire de dépression de Beck

INVENTAIRE DE BECK POUR LA DÉPRESSION

Nom : _____ Date : _____ Résultat : _____

Ceci est un questionnaire contenant plusieurs groupes de phrases. Pour chacun des groupes :

1. Lisez attentivement toutes les phrases.
2. Placez un «X» dans la parenthèse à côté de la phrase qui décrit le mieux comment vous vous sentez depuis une semaine et dans le moment présent.
3. Si plusieurs phrases vous conviennent, placez un «X» à chacune.

1.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne me sens pas triste. Je me sens morose ou triste. Je suis morose ou triste tout le temps et je ne peux pas me remettre d'aplomb. Je suis tellement triste ou malheureux(se) que cela me fait mal. Je suis tellement triste ou malheureux(se) que je ne peux plus le supporter.	11.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne suis pas plus irrité(e) maintenant que je le suis d'habitude. Je deviens contrarié(e) ou irrité(e) plus facilement maintenant qu'en temps ordinaire. Je me sens irrité(e) tout le temps. Je ne suis plus irrité(e) du tout par les choses qui m'irritent habituellement.
2.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne suis pas particulièrement pessimiste ou découragé(e) à propos du futur. Je me sens découragé(e) à propos du futur. Je sens que je n'ai rien à attendre du futur. Je sens que je n'arriverai jamais à surmonter mes difficultés. Je sens que le futur est sans espoir et que les choses ne peuvent pas s'améliorer.	12.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je n'ai pas perdu intérêt aux autres. Je suis moins intéressé(e) aux autres maintenant qu'auparavant. J'ai perdu la plupart de mon intérêt pour les autres et j'ai peu de sentiment pour eux. J'ai perdu tout mon intérêt pour les autres et je ne me soucie pas d'eux du tout.
3.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne sens pas que je suis un échec. Je sens que j'ai échoué plus que la moyenne des gens. Je sens que j'ai accompli très peu de choses qui aient de la valeur ou une signification quelconque. Quand je pense à ma vie passée, je ne peux voir rien d'autre qu'un grand nombre d'échecs. Je sens que je suis un échec complet en tant que personne (parent, mari, femme).	13.	0 () 1 () 3 ()	Je prends des décisions aussi bien que d'habitude. J'essaie de remettre à plus tard mes décisions. J'ai beaucoup de difficultés à prendre des décisions. Je ne suis pas capable de prendre des décisions du tout.
4.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne suis pas particulièrement mécontent(e). Je me sens «lâché(e)» la plupart du temps. Je ne prends pas plaisir aux choses comme auparavant. Je n'obtiens plus de satisfaction de quoi que ce soit. Je suis mécontent(e) de tout.	14.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je n'ai pas l'impression de paraître pire qu'auparavant. Je m'inquiète de paraître vieux(vieille) et sans attrait. Je sens qu'il y a des changements permanents dans mon apparence et que ces changements me font paraître sans attrait. Je me sens laid(e) et répugnant(e).
5.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne me sens pas particulièrement coupable. Je me sens souvent mauvais(e) ou indigne. Je me sens plutôt coupable. Je me sens mauvais(e) et indigne presque tout le temps. Je sens que je suis très mauvais(e) ou très indigne.	15.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je peux travailler pratiquement aussi bien qu'avant. J'ai besoin de faire des efforts supplémentaires pour commencer à faire quelque chose. Je ne travaille pas aussi bien qu'avant. J'ai besoin de me pousser fort pour faire quoi que ce soit. Je ne peux faire aucun travail.
6.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je n'ai pas l'impression d'être puni(e). J'ai l'impression que quelque chose de malheur peut m'arriver. Je sens que je suis ou serai puni(e). Je sens que je mérite d'être puni(e). Je veux être puni(e).	16.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je peux dormir aussi bien que d'habitude. Je me réveille plus fatigué(e) que d'habitude. Je me réveille 1-2 heures plus tôt que d'habitude et j'ai de la difficulté à me rendormir. Je me réveille tôt chaque jour et je ne peux dormir plus de cinq heures.
7.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne me sens pas déçu(e) de moi-même. Je suis déçu(e) de moi-même. Je ne m'aime pas. Je suis dégoûté(e) de moi-même. Je me hais.	17.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne suis pas plus fatigué(e) que d'habitude. Je me fatigue plus facilement qu'avant. Je me fatigue à faire quoi que ce soit. Je suis trop fatigué(e) pour faire quoi que ce soit.
8.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne sens pas que je suis pire que les autres. Je me critique pour mes faiblesses et mes erreurs. Je me blâme pour mes fautes. Je me blâme pour tout ce qui m'arrive de mal.	18.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Mon appétit est aussi bon que d'habitude. Mon appétit n'est plus aussi bon que d'habitude. Mon appétit est beaucoup moins bon maintenant. Je n'ai plus d'appétit du tout.
9.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je n'ai aucune idée de me faire du mal. J'ai des idées de me faire du mal mais je ne les mettrai pas à exécution. Je sens que je serais mieux mort(e). Je sens que ma famille serait mieux si j'étais mort(e). J'ai des plans définis pour un acte suicidaire. Je me tuerais si je le pouvais.	19.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je n'ai pas perdu beaucoup de poids (si j'en ai vraiment perdu dernièrement). J'ai perdu plus de 5 livres. J'ai perdu plus de 10 livres. J'ai perdu plus de 15 livres.
10.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne pleure pas plus que d'habitude. Je pleure plus maintenant qu'auparavant. Je pleure tout le temps maintenant. Je ne peux plus m'arrêter. Auparavant, j'étais capable de pleurer mais maintenant je ne peux pas pleurer du tout, même si je le veux.	20.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je ne suis pas plus préoccupé(e) de ma santé que d'habitude. Je suis préoccupé(e) par des maux ou des douleurs, ou des problèmes de digestion ou de constipation. Je suis tellement préoccupé(e) par ce que je ressens ou comment je me sens qu'il est difficile pour moi de penser à autre chose. Je pense seulement à ce que je ressens ou comment je me sens.
			21.	0 () 1 () 2 () 3 ()	Je n'ai noté aucun changement récent dans mon intérêt pour le sexe. Je suis moins intéressé(e) par le sexe qu'auparavant. Je suis beaucoup moins intéressé(e) par le sexe maintenant. J'ai complètement perdu mon intérêt pour le sexe.

Annexe J . Questionnaire d'activité physique pendant la grossesse

Questionnaire Français d'Activité Physique pendant la Grossesse

Version française du Pregnancy Physical Activity Questionnaire [PPAQ]

Chandonnet N, Saey D, Alméras N, Marc I. French Pregnancy Physical Activity Questionnaire Compared with an Accelerometer Cut Point to Classify Physical Activity among Pregnant Obese Women. PLoS ONE, 2012. isabelle.marc@crchul.ulaval.ca

Traduit et adapté de l'anglais (Chasan-Taber L *et al.* Med Sci Sports Exerc. 2004 Oct;36(10):1750-60)

Il est très important que vous répondiez honnêtement aux questions. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Nous voulons seulement connaître les choses que vous avez faites dans les trois (3) derniers mois.

1. Date d'aujourd'hui: / / / / / / /
 Année Mois Jour

2. Quelle est la date du premier jour de vos dernières menstruations?
 / / / / / / / Je ne sais pas
 Année Mois Jour

3. Quelle est la date prévue d'accouchement?
 / / / / / / / Je ne sais pas
 Année Mois Jour

Dans les trois (3) derniers mois, quand vous N'étiez PAS au travail, combien de temps passiez-vous généralement à :

4. Préparer les repas (cuisiner, mettre la table, laver la vaisselle)
 Jamais
 Moins de 1/2h / jour
 1/2h à presque 1h / jour
 1h à presque 2h / jour
 2h à presque 3h / jour
 3h ou plus / jour

5. Habiller, laver et nourrir les enfants en étant assise
 Jamais
 Moins de 1/2h / jour
 1/2h à presque 1h / jour
 1h à presque 2h / jour
 2h à presque 3h / jour
 3h ou plus / jour

6. Habiller, laver et nourrir les enfants en étant debout
 Jamais
 Moins de 1/2h / jour
 1/2h à presque 1h / jour
 1h à presque 2h / jour
 2h à presque 3h / jour
 3h ou plus / jour

7. Jouer avec les enfants en étant assise ou debout
 Jamais
 Moins de 1/2h / jour
 1/2h à presque 1h / jour
 1h à presque 2h / jour
 2h à presque 3h / jour
 3h ou plus / jour

8. Jouer avec les enfants en marchant ou courant
 Jamais
 Moins de 1/2h / jour
 1/2h à presque 1h / jour
 1h à presque 2h / jour
 2h à presque 3h / jour
 3h ou plus / jour

9. Porter des enfants (dans les bras, porte-bébé, sur le dos, etc.)
 Jamais
 Moins de 1/2h / jour
 1/2h à presque 1h / jour
 1h à presque 2h / jour
 2h à presque 3h / jour
 3h ou plus / jour

Se déplacer d'un endroit à l'autre...

Dans les trois (3) derniers mois, combien de temps passiez-vous généralement à :

- | | | |
|--|---|---|
| <p>20. Marcher <u>lentement</u> pour vous déplacer à un endroit (par exemple : pour prendre l'autobus, aller au travail, rendre visite) <u>Pas pour le plaisir ou l'exercice</u></p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / jour
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h / jour
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / jour
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / jour
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / jour</p> | <p>21. Marcher <u>rapidement</u> pour vous déplacer à un endroit (par exemple : pour prendre l'autobus, aller au travail ou à l'école) <u>Pas pour le plaisir ou l'exercice</u></p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / jour
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h / jour
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / jour
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / jour
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / jour</p> | <p>22. Conduire ou prendre place dans une voiture ou un autobus</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / jour
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h / jour
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / jour
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / jour
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / jour</p> |
|--|---|---|

Pour le plaisir ou comme exercice...

Dans les trois (3) derniers mois, combien de temps passiez-vous généralement à :

- | | | |
|--|---|---|
| <p>23. Marcher <u>lentement</u> pour le plaisir ou comme exercice</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> | <p>24. Marcher <u>rapidement</u> pour le plaisir ou comme exercice</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> | <p>25. Marcher <u>rapidement en montée</u> pour le plaisir ou comme exercice</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> |
| <p>26. Jogger</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> | <p>27. Suivre des cours d'exercices prénataux</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> | <p>28. Nager</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> |

Faites-vous autre(s) chose(s) pour le plaisir ou comme exercice? S'il-vous-plaît, nommez-les.

- | | | |
|--|---|---|
| <p>29. Danser</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> | <p>30. _____
Nom de l'activité</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> | <p>31. _____
Nom de l'activité</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais
<input type="checkbox"/> Moins de 1/2h / semaine
<input type="checkbox"/> 1/2h à presque 1h/semaine
<input type="checkbox"/> 1h à presque 2h / semaine
<input type="checkbox"/> 2h à presque 3h / semaine
<input type="checkbox"/> 3h ou plus / semaine</p> |
|--|---|---|

