

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

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

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

PAR
CHARLES TÉTREAU

L'EFFET DES ATTENTES SUR LA MODULATION DES RÉPONSES
NEUROMÉCANIQUES DU TRONC ASSOCIÉES À LA DOULEUR
LOMBAIRE

JANVIER 2012

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

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

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	i
ABSTRACT.....	iv
REMERCIEMENTS.....	vii
INTRODUCTION.....	1
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
ÉPIDÉMIOLOGIE DES DOULEURS LOMBAIRES AU QUÉBEC.....	2
LE DÉVELOPPEMENT DE LA LOMBALGIE CHRONIQUE ET SES IMPACTS.....	2
LA LOMBALGIE, UNE CONDITION MULTIFACTORIELLE.....	3
MODÈLE «FEAR-AVOIDANCE».....	5
La peur et l'anxiété.....	7
La réaction catastrophique à la douleur.....	7
La peur du mouvement.....	8
Les comportements d'appréhension et d'évitement.....	9
Développement et maintien de l'incapacité fonctionnelle chronique.....	10
Dépression.....	12
Conclusion sur modèle «fear-avoidance» de Vlaeyen.....	14
Études expérimentales.....	15

L'effet des attentes sur la modulation des perceptions de douleur	16
L'effet des attentes sur la modulation des réponses physiologiques et biomécaniques	19
Objectif et hypothèses.....	22
ARE PAIN-INDUCED ALTERATIONS OF NEUROMUSCULAR TRUNK RESPONSES MODULATED BY EXPECTATIONS?.....	
TÉTREAU Charles ^{1,4} , DUBOIS Jean-Daniel ^{2,4} , PICHÉ Mathieu ^{3,5} , DESCARREAUX Martin ^{3,4}	23
1. INTRODUCTION.....	25
2. METHODOLOGY	28
2.1 Participants	28
2.2 Psychometric evaluation	29
2.2 Flexion-extension task.....	29
2.3 Thermal cutaneous stimulation	30
2.4 Procedure.....	32
2.5 Data acquisition.....	33
2.5.1 Electromyography	33
2.5.2 Kinematics.....	35
2.6 Statistical analyses.....	36
3. RESULTS	38
3.1 Participants characteristics	38

3.2 Manipulation check	39
3.3 Effect of experimental pain and related expectations on myoelectric activity of LES	39
3.4 Effect of experimental pain and related expectations on lumbopelvic kinematics.....	40
4. DISCUSSION	45
4.1 Effects of expectations on pain perceptions.....	45
4.2 Effect of pain on neuromuscular and kinematic responses	46
4.3 Effect of expectations on neuromuscular and kinematics responses	47
4.4 Role of psychological factors in the development of chronic low back pain.....	50
4.5 Study limitations	52
5. CONCLUSION.....	53
DISCUSSION	54
Synthèse des résultats et rappel des objectifs et hypothèse	54
Limites	55
Relation entre les facteurs psychologiques et le développement d'incapacités fonctionnelles.....	56
Effet d'une intervention sur les facteurs psychologiques dans le traitement des douleurs musculosquelettiques chroniques.....	58

Effet des facteurs psychologiques dans le traitement de l'information nociceptive	60
Rôle des facteurs psychologiques dans la modulation des réponses physiologiques et neuromécaniques à la douleur.....	61
Les adaptations neuromécaniques, conséquence, mais également cause potentielle de la douleur chronique.....	63
Synthèse	64
Implications cliniques	65
CONCLUSION	67
RÉFÉRENCES.....	69

RÉSUMÉ

Malgré l'avancement des technologies et des connaissances médicales, la prévalence de la lombalgie chronique ne cesse d'augmenter dans les pays occidentaux, entraînant du même coup l'explosion du fardeau socio-économique associé à cette affection. Puisqu'il n'a jusqu'à présent pas été possible d'obtenir de résultats concluants pour contrer le développement des douleurs lombaires chroniques malgré les nombreux traitements ciblés proposés, divers auteurs ont proposé que la lombalgie chronique constituerait une condition multifactorielle. Parmi les différents aspects impliqués, les données probantes récentes indiquent que les facteurs psychologiques jouent un rôle de premier plan dans le développement et dans la persistance des douleurs lombaires chroniques. Plus spécifiquement, le modèle de «*fear-avoidance*» développé par Vlaeyen propose la composante cognitive de la douleur soit plus importante que la composante sensorielle dans le développement de douleurs chroniques. En effet, la peur de la douleur véhiculée par l'individu mènerait aux comportements d'appréhension et d'évitement qui se définissent, plus spécifiquement, comme des adaptations dans le contrôle moteur. Différentes conséquences, telles que le développement de limitations fonctionnelles, découleraient de ces adaptations et expliqueraient ainsi pourquoi les individus concernés pourront difficilement s'échapper de cette boucle menant vers la chronicité. Quoique les études expérimentales appuyant le modèle de Vlaeyen soient relativement peu nombreuses, les données préliminaires recueillies permettent d'appuyer l'hypothèse qu'à elle seule, l'interprétation d'un stimulus potentiellement douloureux représente un facteur de risque décisif dans l'évolution d'une douleur lombaire.

L'objectif du présent projet de recherche est d'étudier, par le biais d'une expérimentation, l'impact des attentes de douleur sur le recours aux comportements d'appréhension et d'évitement chez des sujets sains. Étant donné l'émergence dans la littérature scientifique de résultats indiquant que les attentes de douleur interfèrent avec différentes réponses physiologiques associées à la douleur, il est présumé que la modulation de la perception de la douleur par une manipulation des attentes résultera en une modification des réponses neuromécaniques du tronc lors d'une tâche de flexion-extension.

Afin de pouvoir se pencher sur cette question de recherche, 23 participants exempts de douleur lombaire ont réalisé de nombreux mouvements de flexion-extension du tronc pendant l'application d'une douleur expérimentale sur la région lombaire. Les participants ont été soumis à trois conditions expérimentales: (a) stimulation de chaleur non douloureuse (condition contrôle); (b) stimulation douloureuse associée à des attentes de douleur élevée et (c) stimulation douloureuse associée à des attentes de douleur faible. Ce projet a reçu l'approbation du comité éthique pour la recherche avec les êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Les résultats obtenus lors de l'expérimentation sont comparables à ceux présents dans la littérature scientifique puisqu'ils indiquent que la douleur a modulé de façon importante les réponses neuromécaniques du tronc pendant la tâche de flexion-extension

du tronc. Quant à l'effet des attentes, des différences significatives ont été observées pour l'activité musculaire des érecteurs du rachis lombaire, mais aucune différence n'est n'a été observée pour la cinématique lombopelvienne. Tel qu'anticipé, en présence d'une douleur lombaire, les attentes associées à celle-ci ont donc entraîné une modification dans le contrôle moteur. Ces résultats sont d'autant plus probants puisqu'ils ont été obtenus chez des individus présentant des niveaux faibles de peur et de dramatisation face à la douleur. Ces derniers étant habituellement plus élevés chez les patients atteints de lombalgie chronique, il est concevable que ces individus soient d'autant plus portés à développer des comportements d'appréhension-évitement. Puisque les données récentes tendent à confirmer que ces comportements sont liés au développement d'incapacités fonctionnelles et à la persistance des symptômes douloureux, il devient primordial pour tout clinicien d'évaluer la prédisposition psychologique de leurs patients atteints de lombalgie afin de travailler à diminuer leur niveau de peur et ainsi, de favoriser leur guérison.

ABSTRACT

Despite the advancement of knowledge, the technological progress in diagnosis and the development of specialized medical evaluation tools and techniques, chronic low back pain prevalence is still growing in western societies, engendering a continual amplification of the socio-economic burden associated with this affliction. Since no treatment has obtained significant positive results, it has been suggested that chronic low back pain is a multi factorial condition. Among the different aspects implicated, psychological factors have been receiving growing interest from the scientific community since recent evidences have indicated that they play an important role in the development and maintenance of chronic low back pain. An important concept that has been proposed is the model of fear-avoidance developed by Vlaeyen which stipulates that it is the interpretation of the stimulus instead of the stimulus itself that engenders various inadequate responses. More precisely, fear of pain is presumed to lead to adaptive behaviors that aimed at minimizing pain. The maintenance of these avoidance behaviors would ultimately result in the development of functional limitations and therefore, the escape from the circle of chronicity will become harder. Although experimental studies on the validation of this model remain preliminary, growing evidences support the hypothesis that the interpretation of a potentially noxious stimulus represents an important risk factor in the evolution of lumbar pain.

The present study aims at assessing, through an experimental design, the effect of pain-related expectations on avoidance behavior in healthy individuals. Since multiple

recent studies have observed that pain-related expectations modulate different physiological response to pain, it is hypothesized that the modulation of expectations will result in altered neuromechanical adaptations to pain in a flexion-extension task.

Twenty-three healthy participants performed numerous flexion-extension tasks realized concurrently to the application of innocuous and noxious stimulation of various intensity on the lumbar region. Participants faced three different conditions: (a) innocuous heat stimulation (control condition); (b) noxious heat stimulation associated with low pain expectations and (c) noxious heat stimulation associated with high pain expectations. This project received approval from the Université du Québec à Trois-Rivières ethic comity.

Results obtained indicated that pain yielded various neuromechanical adaptations, which is consistent with previous findings. As for the difference between low and high pain expectations, significant differences were observed only for the activity of the lumbar erector spinae and not for lumbopelvic kinematics. Although the effect of expectations has been limited in the present study, they still denoted that, in the presence of lumbar pain, pain expectations were sufficient to engender alterations in the motor control. As evidences suggested that chronic low back pain patients could be more susceptible to develop fear of pain since they usually present a psychological portrait considered more at risk, these individuals would possibly develop more avoidance behaviors. As these avoidance behaviors have been repetitively associated to a higher

degree of functional limitations and to the persistence of pain symptoms, they can presumably lead to pain chronicity. Therefore, it becomes imperative for every clinician to evaluate the psychological portrait of their patients dealing with low back pain in order to limit fearful thoughts and minimize pain chronicity.

REMERCIEMENTS

Un travail de cette ampleur ne peut évidemment être réalisé seul. Je tiens donc, en guise d'ouverture, à souligner le travail des nombreux acteurs s'étant impliqués de près ou de loin dans la réalisation de ce projet. Premièrement, je souhaite remercier mon directeur de maîtrise, le professeur Martin Descarreaux, entre autres pour son expertise qu'il a accepté de partager, mais plus encore pour son support et son dévouement. Je tiens également à souligner sa grande ouverture et sa flexibilité en acceptant de me laisser combiner vie professionnelle et études de cycle supérieur tout en me soutenant financièrement. Je tiens également à exprimer ma gratitude envers les professeurs Mathieu Piché et Vincent Cantin pour leur précieuse aide dans leur domaine d'expertise respectif et pour leur grande disponibilité. Je suis également reconnaissant envers Jean-Daniel Dubois, étudiant au doctorat, pour son implication dans ce projet et pour sa grande générosité à transmettre ses connaissances. Je ne pourrais non plus passer sous silence le travail de mes confrères étudiants qui font du laboratoire un milieu de vie aussi dynamique, riche et stimulant. Finalement, j'aimerais remercier Sylvie Angel, mon épouse, pour la compréhension qu'elle a su témoigner ainsi que ses nombreux encouragements qui me permettent de trouver le courage nécessaire pour surmonter chaque défi que la vie m'envoie. Malgré le fait que ces remerciements ne peuvent témoigner avec justice de toute la gratitude que j'éprouve envers eux et envers leur dévouement, je souhaite sincèrement qu'ils réalisent l'importance de leur contribution dans la poursuite de mon cheminement académique, professionnel et personnel.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Introduction générale

Malgré l'essor de nouvelles technologies, l'amélioration des connaissances et le développement d'une expertise de plus en plus spécialisée, la communauté médicale peine à obtenir des résultats concluants dans le traitement des douleurs lombaires non spécifiques. En effet, tous ces progrès réalisés n'ont eu que peu d'impact sur la prévalence à vie de cette affection musculo-squelettique qui demeure entre 60 et 85% selon la plupart des données épidémiologiques (Furlan, Clarke, Esmail, Sinclair, Irvin et Bombardier, 2001). Également, ils n'ont eu que peu d'incidence sur la tendance à la chronicité puisque ce problème semble prendre de plus en plus d'ampleur dans les sociétés occidentales (Waddell, 1996). Étant donné que les causes expliquant le passage à la chronicité demeurent obscures, il devient extrêmement difficile, voire impossible, de poser un diagnostic précis chez la majorité des personnes atteintes, affectant ainsi négativement leur pronostic (van Tulder, Koes et Bombardier, 2002). Le fardeau socio-économique associé aux douleurs lombaires chroniques ne cesse donc de croître puisque les communautés scientifique et médicale peinent à fournir des réponses concrètes malgré l'augmentation croissante des coûts liés à l'avancement des technologies.

Épidémiologie des douleurs lombaires au Québec

Malgré une baisse importante du nombre de dossiers d'indemnisation ouverts à la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST) entre 2005 et 2009 en rapport avec les affections vertébrales, la prévalence de la lombalgie demeure élevée. En effet, au Québec seulement, près de 22 000 lésions ont été indemnisées des suites d'une affection vertébrale liée au travail en 2009 (CSST, 2009). Malgré le fait que ce nombre représente une diminution de l'ordre de 23% relativement aux données de 2006, il est à noter que les prestations totales versées par la CSST n'ont quant à elles diminué que de 9,7% pendant cette même période (CSST, 2009). Cet écart s'expliquerait par le fait que la durée moyenne de l'absence au travail s'est allongée de 3,5 jours depuis 2006 et qu'ainsi, les indemnisations moyennes versées ont bondi de 17,5% (CSST, 2009). Malgré les progrès considérables réalisés dans la prévention des affections vertébrales, le point de mire de la recherche sur la lombalgie demeure de limiter le développement de douleurs lombaires chroniques dans le but de diminuer significativement les impacts socio-économiques associés à cette condition.

Le développement de la lombalgie chronique et ses impacts

Cette tendance à la chronicité inquiète puisqu'une grande majorité des coûts directs et indirects engendrés par les lombalgies sont reliés à ce phénomène. Effectivement, à la suite d'une analyse des données probantes disponibles, une équipe de chercheurs a conclu que 10% des patients atteints de lombalgie seraient responsables

de 80% des coûts directs et indirects (Fransen, Woodward, Norton, Coggan, Dawe et Sheridan, 2002). Ces patients représentent les cas chroniques les plus lourds pour lesquels les coûts d'indemnisation et de traitement s'étalent sur de nombreux mois, voire même sur plusieurs années. En analysant les données les plus récentes sur les travailleurs québécois, ce même phénomène peut également être observé. En effet, 52% des indemnités de remplacement du revenu versées pour des affections vertébrales ont été octroyées à un sous-groupe d'individus indemnisés pendant plus de 180 jours représentant 10% de l'ensemble des travailleurs atteints d'affections vertébrales (CSST, 2009). La communauté scientifique concentre donc ses efforts à mieux comprendre les facteurs favorisant le passage de la douleur aiguë vers la douleur chronique. Malgré le fait que le passage à la chronicité demeure un processus encore aujourd'hui mal compris, les études récentes ont permis d'identifier plusieurs facteurs de risque prédisposant et aggravant les morbidités associées, fournissant ainsi des pistes de solution intéressantes dans le dépistage et le traitement de cette affection.

La lombalgie, une condition multifactorielle

L'absence de résultats convaincants dans le traitement de la lombalgie par les différentes approches purement mécaniques (Assendelft, Morton, Yu, Suttorp et Shekelle, 2003; Clarke, van Tulder, Blomberg, de Vet, van der Heijden et Bronfort, 2006) nous incite à croire que plusieurs autres facteurs seraient impliqués dans le développement de la douleur lombaire chronique. De ce fait, en combinant plusieurs

approches dans le traitement, nous remarquons une amélioration du pronostic. À titre d'exemple, lorsque la manipulation vertébrale est associée à l'exercice, l'efficacité du traitement augmente et le risque de récurrence diminue (Lawrence, Meeker, Branson, Bronfort, Cates, Haas, Haneline, Micozzi, Updyke, Mootz, Triano et Hawk, 2008). Ainsi, les progrès réalisés grâce à ce type d'approches combinées suggèrent que la lombalgie chronique est une pathologie complexe et multifactorielle. Toutefois, malgré l'amélioration de l'efficacité du traitement combiné, l'impossibilité de traiter la douleur lombaire chronique par ce type d'approche purement biomécanique et anatomique nous porte à croire que divers facteurs cognitifs et comportementaux sont également impliqués dans le processus du passage à la chronicité.

L'émergence de divers modèles s'intéressant aux facteurs biologiques, physiologiques, psychologiques et socio-comportementaux a permis d'améliorer notre compréhension de la douleur chronique. Ces approches multimodales se sont avérées plus efficaces dans l'explication du passage à la chronicité ainsi que dans le traitement de diverses affections chroniques (Morley, Eccleston et Williams, 1999). Actuellement, le modèle biopsychosocial retient l'attention de la communauté scientifique car il place au premier plan les facteurs psychologiques auxquels la recherche dans le domaine de la douleur accorde de plus en plus d'importance (Linton, 2000). Ce modèle, initialement développé par Georges Engel à la fin des années soixante-dix, est une alternative holistique au modèle biomédical alors prédominant. La prémisse de cette théorie consiste à ce que le clinicien considère simultanément les dimensions biologique,

psychologique et sociale de la maladie afin de comprendre et de répondre adéquatement aux problématiques douloureuses des patients (Borrell-Carrio, Suchman et Epstein, 2004). Grâce à l'avancement des connaissances dans le domaine au courant des dernières années, il devient évident que le développement de douleur chronique, et plus particulièrement dans le cas de la lombalgie chronique, doit être étudié à l'aide de ce modèle étant donné le caractère multifactoriel de cette affection (Truchon, 2001).

En bref, il semble que la complexité du processus par lequel la douleur aiguë devient chronique ne peut s'expliquer autrement que par l'interaction des différents aspects de l'individu. De ce fait, l'approche biopsychosociale s'inscrit dans cette perspective en proposant une approche multimodale à la compréhension du phénomène.

Modèle «fear-avoidance»

Le modèle du «*fear-avoidance*», développé par Vlaeyen (Vlaeyen, Kole-Snijders, Boeren et van Eek, 1995; Vlaeyen et Linton, 2000), propose une explication au développement de la douleur chronique lombaire en mettant en relation l'interprétation des stimuli potentiellement douloureux et la réponse comportementale (Leeuw, Goossens, Linton, Crombez, Boersma et Vlaeyen, 2007). L'intérêt de ce modèle, qualifié de cognitivo-comportemental, réside dans le fait qu'il s'appuie sur la théorie selon laquelle la présence de certains facteurs prédisposerait à la chronicité. Plus spécifiquement, ce modèle a comme prémisse que le passage à la chronicité relève de

l'interaction entre différents facteurs psychologiques, comportementaux et physiques ayant un impact sur les réactions de l'individu face au stimulus potentiellement douloureux. En résumé, le modèle oriente son approche non pas sur le stimulus lui-même, mais plutôt sur les perceptions de l'individu.

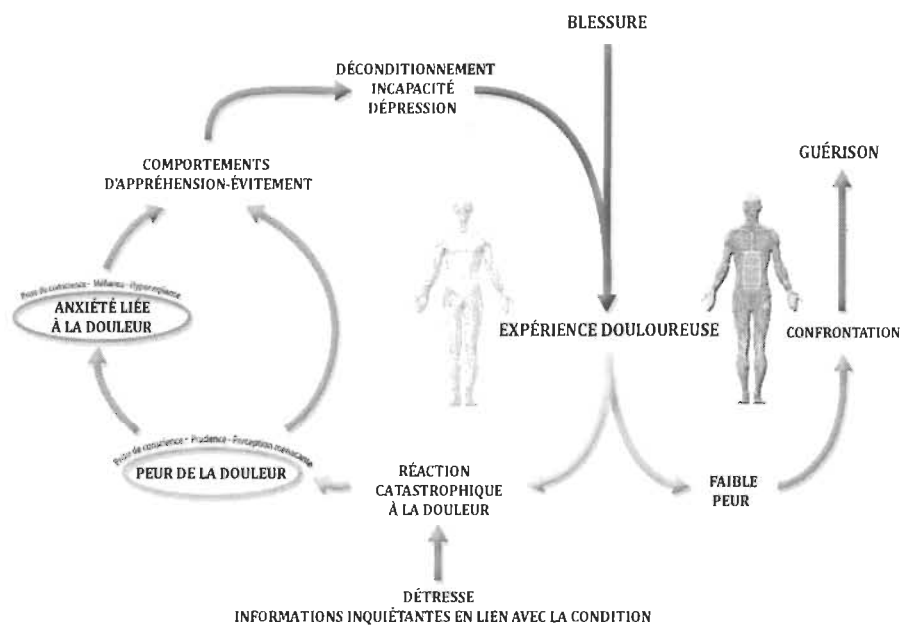


Figure 1. Modèle «*fear-avoidance*» développé par Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995) et adapté par Leeuw (Leeuw et al., 2007).

Suite à l'épisode douloureux, l'individu peut réagir de deux façons. Dans la majorité des cas, les individus aux prises avec une lombalgie aiguë se rétabliront relativement rapidement de cette expérience douloureuse et retrouveront ainsi leurs capacités fonctionnelles. Cependant, un faible pourcentage des personnes atteintes

conserveront des séquelles étant donné que leurs perceptions négatives engendreront une cascade qui les mènera vers la chronicité (voir figure 1).

La peur et l'anxiété

La peur et l'anxiété associées à l'expérience douloureuse amplifient celle-ci et entraînent ainsi chez l'individu des réactions non souhaitables au plan psychophysiologique, comportemental et cognitif (Leeuw et al., 2007). Plus spécifiquement, ces facteurs modulent négativement la perception de l'individu face à sa blessure, résultant en une augmentation de la douleur et de l'indice d'incapacité fonctionnelle lié à la douleur (Cook, Brawer et Vowles, 2006). De ce fait, le processus de guérison pourra être perturbé, prédisposant donc certains individus ayant des lombalgies aiguës à développer des douleurs chroniques.

La réaction catastrophique à la douleur

Suite à l'épisode douloureux, la peur ajoutée à la perception de l'individu par rapport à la situation vécue pourra entraîner chez un patient ayant une lombalgie aiguë une réaction dite «catastrophique». Ainsi, en percevant encore plus négativement la douleur en plus de dramatiser les symptômes ressentis, certains sujets pourraient présenter une prédisposition à la chronicité puisqu'ils vivront plus intensément l'expérience douloureuse. Plusieurs études prospectives ont en effet suggéré que les individus témoignant d'un niveau élevé de dramatisation face à la douleur seraient

davantage prédisposés à développer des douleurs lombaires chroniques (Burton, Tillotson, Main et Hollis, 1995; Linton, 2000). Plus qu'une simple conséquence de l'épisode douloureux, la réaction catastrophique à la douleur constituerait un facteur amplifiant la perception de douleur et prédisposerait donc à la chronicité.

Par la tendance à la dramatisation face à la douleur, il serait possible d'expliquer, du moins en partie, pourquoi deux individus réagissent de façon différente face à la douleur malgré le fait qu'ils soient aux prises avec les mêmes symptômes physiques. À preuve, il a été démontré à l'aide d'études corrélationnelles que le fait de réagir de façon catastrophique face à la douleur lombaire chronique est associée à des niveaux plus importants de douleur ($r^2=0,29$), de détresse psychologique ($r^2=0,30$) et de limitations fonctionnelles ($r^2=0,11$) (Severeijns, Vlaeyen, van den Hout et Weber, 2001; Turner, Jensen, Warmes et Cardenas, 2002). Sans toutefois pouvoir établir clairement la relation cause à effet, il existe de nombreuses données scientifiques supportant l'hypothèse que la réaction catastrophique constitue un facteur important lié aux incapacités fonctionnelles sur les plans physique et psychosocial et ce, indépendamment du type de douleur (Turner et al., 2002).

La peur du mouvement

Cette tendance à percevoir une situation pire qu'elle ne l'est en réalité en plus d'adopter une attitude pessimiste quant au pronostic se traduira chez l'individu par une

augmentation de l'anxiété associée aux mouvements potentiellement douloureux, concept appelé «peur du mouvement». Il a effectivement été démontré qu'il existe une corrélation modérée ($r=0,45$) entre la réaction dramatisation face à la douleur et la peur du mouvement (Wideman, Adams et Sullivan, 2009). Cette perception négative engendrera diverses réactions comportementales non souhaitables puisque l'individu modifiera ses activités ou utilisera des stratégies motrices alternatives afin de limiter les mouvements ou comportements moteurs jugés potentiellement douloureux.

Les comportements d'appréhension et d'évitement

Dans une phase de douleur aiguë, une utilisation excessive ou inappropriée des muscles et articulations lésés pourrait sans aucun doute aggraver une lésion, augmenter la douleur qui lui est associée et éventuellement interférer avec le rétablissement. De ce fait, les comportements d'appréhension et d'évitement font habituellement partie du processus normal de guérison de la douleur aiguë puisqu'ils permettent à l'individu de limiter les surcharges mécaniques aux structures atteintes. Cependant, chez certains patients, ces comportements persistent au-delà du temps nécessaire à la guérison tissulaire car certains stimuli, auxquels l'individu accorde une valeur négative, demeurent perçus comme menaçants et potentiellement douloureux même si, en réalité, il n'en est rien (Vlaeyen et al., 2000). L'origine de ces comportements d'appréhension et d'évitement serait donc liée à l'anticipation de la douleur plutôt qu'à la douleur elle-même (Vlaeyen et al., 2000). À preuve, une étude s'étant intéressée à la performance

dans une tâche de flexion du genou chez des sujets atteints de lombalgie chronique a conclu que l'anticipation de la douleur représente le facteur le plus important afin de prédire la performance (Pfungsten, Leibing, Harter, Kroner-Herwig, Hempel, Kronshage et Hildebrandt, 2001). En fournissant des instructions distinctes aux groupes contrôle et expérimental, les chercheurs ont réussi à induire volontairement de l'anticipation de la douleur chez le deuxième groupe. Tel que démontré par cette étude, 15% de la variance de l'amplitude de mouvement et 26% de la variance de la force exercée a été expliquée par l'anticipation de la douleur.

Développement et maintien de l'incapacité fonctionnelle chronique

En évitant certains mouvements ou activités, les individus ayant des lombalgies ont tendance à se sédentariser puisqu'ils seront parfois contraints à arrêter de travailler et de limiter leurs activités physiques. En effet, si l'individu ne perçoit pas sa douleur comme menaçante, il est beaucoup plus probable qu'il poursuive ses activités de la vie quotidienne, ce qui accélérera le retour de ses capacités fonctionnelles. À l'inverse, une interprétation catastrophique de l'épisode douloureux résulte habituellement en une diminution des activités et mènera l'individu dans un cercle vicieux duquel il sera difficile d'échapper. Cette situation entraînera un déconditionnement (Vlaeyen et al., 1995) qui s'apparente au syndrome d'immobilisation proposé par Bortz (Bortz, 1984) et qui se traduit par une diminution des capacités physiques de l'individu. Plus important encore, cette détérioration de la condition physique résultera également en une atrophie

musculaire et en une fragilisation du système ostéo-articulaire. Ainsi, puisque cette situation rend la personne atteinte de lombalgie plus à risques lorsqu'elle est confrontée aux stimuli douloureux ou à des surcharges mécaniques importantes, le risque de récurrence de blessure augmente. S'installe alors un processus qui mènera à l'augmentation de la douleur et des comportements d'évitement et qui illustre très bien le passage à la chronicité.

En limitant volontairement ses activités de la vie quotidienne devant la menace perçue, ce n'est pas seulement la condition physique du sujet ayant des lombalgies qui sera affectée, mais également ses capacités fonctionnelles plus générales. La personne éprouvera alors certaines difficultés dans l'exécution des tâches reliées aux activités de la vie quotidienne et au travail, entraînant même dans plusieurs cas, un arrêt de travail. Ces nombreuses répercussions sur les capacités fonctionnelles semblent alimentées par les comportements d'appréhension et d'évitement ainsi que par l'hypervigilance, deux des aspects fondamentaux du concept de «*pain-related fear*» (Leeuw et al., 2007). Puisque l'individu ne peut se détacher de l'idée que certains stimuli sont potentiellement douloureux, ses comportements seront influencés par cette peur latente et alimenteront les limitations fonctionnelles. En effet, de nombreuses recherches ont suggéré que les personnes atteintes de lombalgies chroniques avec des niveaux plus élevés de «*pain-related fear*» ont reporté davantage de limitations fonctionnelles (Boersma et Linton, 2005; Woby, Watson, Roach et Urmston, 2004). Plus spécifiquement, il a été démontré qu'il existe une corrélation entre l'indice d'incapacités fonctionnelles et les croyances

sur les peurs véhiculées par l'individu en lien avec le travail ($r^2=0,57$) et en lien avec l'activité physique ($r^2=0,40$) (Crombez, Vlaeyen, Heuts et Lysens, 1999).

Tel que mentionné plus haut, la réaction catastrophique est un des principaux facteurs prédisposant aux incapacités fonctionnelles d'un individu aux prises avec des douleurs lombaires. Étant donné ce constat, diverses études prospectives ont tenté de mieux comprendre cette relation en vérifiant si un traitement axé sur la réduction de cette perception négative de la douleur influencerait les capacités fonctionnelles. Cette hypothèse a été confirmée par plusieurs études qui en sont venues à la conclusion qu'une atténuation de la dramatisation face à la douleur constitue le facteur le plus influent relié au retour au travail (Wideman et al., 2009), preuve que le traitement proposé a permis une amélioration des capacités fonctionnelles.

Dépression

Étant donné les nombreuses conséquences de l'épisode douloureux sur les perceptions et les capacités fonctionnelles de l'individu, il est compréhensible que la santé psychologique des patients vivant avec des douleurs chroniques soit affectée. Cette atteinte psychologique se traduit habituellement par une détérioration de l'humeur et une augmentation de la prévalence de dépression (Rush, Polatin et Gatchel, 2000). En effet, plusieurs auteurs ont remarqué une hausse des symptômes reliés à la dépression chez les individus aux prises avec des douleurs chroniques et cela entraînerait plusieurs

conséquences néfastes sur leur rétablissement puisque la perception de douleur en est augmentée. Parmi les théories proposées pouvant expliquer les causes physiologiques de ce phénomène, les émotions négatives pourraient interférer avec le système descendant de modulation de la douleur puisque. En effet, malgré le fait que ce système soit impliqué dans l'inhibition de la douleur, il faciliterait également la transmission du signal douloureux, modulant ainsi à la hausse les perceptions de douleur (Wiech et Tracey, 2009).

De plus, la diminution du taux de sérotonine et de norépinéphrine dans le système limbique affecterait son fonctionnement, interférant ainsi avec l'interprétation du stimulus douloureux. Plus spécifiquement, la diminution de ces neurotransmetteurs causerait une augmentation de l'attention dirigée vers les afférences sensorielles de faible importance (Bair, Robinson, Katon et Kroenke, 2003). Ainsi, davantage de ressources attentionnelles et émotionnelles seraient mobilisées pour le traitement de ces informations. En résumé, puisque l'état dépressif altère et amplifie divers mécanismes associés à la perception de douleur, il favoriserait le passage à la chronicité tel que proposé par le modèle de Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995).

Non seulement représente-t-elle une conséquence de l'épisode douloureux, la dépression en serait également une cause puisqu'un état dépressif augmenterait le risque de souffrir de syndrome douloureux (Linton, 2000). En effet, un individu devenu dépressif suite à un épisode douloureux qui se chronicise et affecte différents aspects de

sa vie pourrait certainement percevoir encore plus négativement cette douleur. Comparativement aux individus sains, les individus atteints de dépression rapportent plus fréquemment des douleurs musculosquelettiques (Rajala, Keinanen-Kiukaanniemi, Uusimaki et Kivela, 1995). Sans qu'il ne soit possible pour l'instant de confirmer un lien direct de cause à effet entre ces deux facteurs, il ne fait aucun doute que l'état psychologique de l'individu constitue un facteur décisif dans le développement des douleurs lombaires chroniques puisqu'il contribue au cycle menant à la chronicité du modèle «*fear-avoidance*» (Vlaeyen et al., 1995).

Conclusion sur modèle «*fear-avoidance*» de Vlaeyen

Depuis la proposition de Vlaeyen, de nombreuses études ont permis de mettre en lumière les différentes interactions entre les facteurs physiologiques, comportementaux et cognitifs ciblés dans le modèle de «*fear-avoidance*» (Vlaeyen et al., 1995). Selon toute vraisemblance, la peur véhiculée par l'individu constitue la pierre angulaire du cycle menant à la chronicité étant donné son rôle dans l'interprétation erronée du stimulus potentiellement douloureux. Cette modulation négative des perceptions de l'individu engendrera diverses réponses non appropriées au plan psychophysiologique, comportemental (comportements d'appréhension et d'évitement) et cognitif (réaction catastrophique), éloignant ainsi l'individu du processus normal de guérison. Comme ces réponses semblent à l'origine de la cascade menant à la douleur chronique, l'étude des perceptions de l'individu dans sa réponse face à la douleur est une avenue de recherche

qui permettra éventuellement de mieux comprendre le phénomène du passage de la douleur aiguë à la douleur chronique.

Études expérimentales

Afin de compléter notre compréhension du phénomène du passage à la douleur chronique, plusieurs auteurs ont tenté d'induire volontairement un ou plusieurs des facteurs étudiés dans le modèle de «*fear-avoidance*» dans le but d'observer la modulation de la perception et de la réponse face à un stimulus douloureux. Pour ce faire, ils ont volontairement influencé négativement la valeur associée à certains stimuli chez les participants d'un groupe expérimental en fournissant des consignes visant à manipuler les attentes des sujets afin d'altérer leurs perceptions. Leurs réponses ont ensuite été comparées à celles d'un groupe contrôle chez lequel on a soit donné des informations quant à la vraie nature du stimulus, soit tenté de favoriser une interprétation positive du stimulus douloureux. Tous les participants d'une même expérience étant soumis au même stimulus, la différence entre les réponses des deux groupes pourrait donc être expliquée par la valeur accordée à cette perception du stimulus. Ces études expérimentales apportent des pistes de réponses intéressantes qui permettent de mieux comprendre l'influence des facteurs psychosociaux dans la réponse à un stimulus douloureux.

L'effet des attentes sur la modulation des perceptions de douleur

Les données probantes cumulées sur cette problématique au cours des dernières années témoignent d'une influence directe de l'interprétation du stimulus désagréable ou douloureux sur la perception de douleur. Par exemple, grâce à l'utilisation de consignes différentes dispensées aux participants des groupes contrôle et expérimental quant à l'hyperventilation aiguë provoquée expérimentalement, il a été possible de modifier les perceptions de douleur et d'inconfort (Salkovskis et Clark, 1990). Dans cette étude, les instructions transmises aux participants visaient à modifier leur perception face à l'expérimentation soit en leur mentionnant que diverses sensations agréables y seraient liées (groupe contrôle), soit en les informant qu'il était possible qu'ils ressentent un certain inconfort ou même qu'il perde connaissance (groupe expérimental). Les résultats obtenus indiquent que la modulation des attentes a entraîné des différences dans les perceptions puisque les individus du groupe contrôle ont perçu l'expérience comme agréable contrairement aux participants du groupe expérimental. Les auteurs ont donc conclu que l'interprétation des sensations somatiques associées à l'hyperventilation peut modifier la réponse affective. Dans une autre étude contrôlée et randomisée, les auteurs se sont attardés au niveau de douleur perçue lors de l'application d'une barre de métal refroidie à -25°C placée dans le cou des participants pendant 0,5 seconde en fonction des attentes induites (Arntz et Claassens, 2004). Les participants du groupe contrôle ont reçu des informations concordantes quant à la nature du stimulus, soit que le stimulus appliqué était très froid. À l'inverse, les participants du groupe expérimental ont été informés qu'il s'agissait d'un stimulus très chaud (informations discordantes). Étant

donné la nature du stimulus et la brièveté de son application, il a été possible moduler efficacement leurs perceptions. Puisque, selon les auteurs, un stimulus de chaleur est considéré et interprété comme plus nocif, l'hypothèse que le groupe expérimental allait percevoir une douleur plus importante que le groupe contrôle a été émise. Les résultats de cette étude appuient l'hypothèse proposée par les auteurs puisque le niveau de douleur perçue par le groupe expérimental (instructions de chaleur) a été significativement plus élevé que dans le groupe contrôle (instructions de froid).

Quelques divergences sont cependant présentes dans les résultats des études expérimentales s'étant intéressées aux modifications du comportement et des sensations somatiques suite à une influence sur les facteurs psychologiques. À titre d'exemple, une étude réalisée par une équipe de chercheurs hollandais visant à étudier l'impact de l'induction d'une interprétation catastrophique sur la douleur et la performance n'a pu observer de résultat concluant (Severeijns, van den Hout et Vlaeyen, 2005). Dans cette étude, les chercheurs ont tenté d'altérer les perceptions chez le groupe expérimental face à une tâche d'immersion d'un membre dans l'eau froide afin de comparer leurs réponses à celles du groupe contrôle. À la lueur des résultats obtenus, il ne fut pas possible de confirmer l'hypothèse selon laquelle le fait d'induire une réaction catastrophique chez des sujets sains influencerait la performance et la douleur perçue. Toutefois, plusieurs limites ayant été soulevées, les chercheurs concluent qu'il est impossible, sur la base de leurs seuls résultats, d'affirmer qu'aucune interaction n'existe entre la dramatisation face à la douleur, la douleur ressentie et la performance. Parmi ces limites, soulignons

que même si les chercheurs semblent avoir réussi à induire une réaction catastrophique chez le groupe expérimental, son ampleur fut seulement modeste étant donné les considérations éthiques. De plus, comme la prédisposition des sujets à la dramatisation face à la douleur correspondait à un niveau jugé faible comparativement aux standards établis pour diverses pathologies, les participants constituaient un échantillon peu influençable aux instructions d'anticipation de la tâche et ce, indépendamment de leur niveau de confiance envers les chercheurs. Finalement, les auteurs ont également suggéré que la réaction catastrophique induite volontairement dans cette situation constituait un état temporaire et qu'il pourrait donc s'agir d'une condition différente de celle mesurée par l'échelle de dramatisation face à la douleur (Pain Catastrophizing Scale), qui elle, fait davantage référence à une condition stable liée à un trait de personnalité. Les auteurs suggèrent donc que d'autres études soient menées sur cette question afin de pouvoir tirer des conclusions plus claires.

Malgré quelques disparités entre les résultats des différentes études, il est possible de conclure que le seul fait de modifier certaines informations transmises aux participants afin d'induire une perception positive ou négative est, en soi, suffisant pour faire émerger des différences dans la perception d'un stimulus douloureux ou potentiellement douloureux. Que cela soit possible malgré les considérations éthiques limitant l'amplitude de l'interprétation négative induite expérimentalement ajoute à la puissance de ces résultats. De ces quelques études émergent diverses conclusions dans l'association des facteurs de causalité entre les attentes reliées à un stimulus douloureux

ou potentiellement douloureux, les perceptions de douleur et d'inconfort, la capacité d'exécuter des tâches de la vie courante et les comportements d'appréhension-évitement. Ainsi, les résultats de ces études fournissent des preuves expérimentales appuyant la théorie selon laquelle non seulement les processus cognitifs jouent un rôle important dans l'expérience douloureuse, mais ils sont également liés étroitement aux changements comportementaux.

L'effet des attentes sur la modulation des réponses physiologiques et biomécaniques

La modulation de la perception de douleur causée par l'influence des attentes face à un stimulus douloureux est considérée comme un fait accepté et documenté. Cependant, notre compréhension des différents processus qui sous-tendent ce mécanisme demeure pour l'instant principalement centrée sur les processus impliqués dans le traitement de l'information au niveau central et peu de données sont disponibles sur la modulation des réponses physiologiques périphériques. De plus, afin d'approfondir nos connaissances sur ces différentes interactions, il est primordial de compléter l'étude des variables subjectives (ex. niveaux de douleur rapporté verbalement ou par écrit) par l'observation de différentes variables objectives (ex. réponses physiologiques). Afin de continuer à faire évoluer la recherche sur l'influence des attentes reliées à un stimulus douloureux ou potentiellement douloureux sur les

sensations psychosomatiques et le comportement, il apparaît pertinent d'étudier certaines réponses physiologiques généralement associées à la douleur.

Certaines données récentes ont permis d'identifier divers mécanismes physiologiques responsables de cette modulation de la perception de douleur par les attentes. Afin de mettre en relief le rôle de diverses zones du cerveau impliquées dans l'expérience douloureuse et de comprendre l'effet des attentes sur celle-ci, l'imagerie par résonance magnétique constitue un atout majeur. En étudiant l'activation du système nerveux central chez des sujets sains confrontés à une stimulation douloureuse, il a été possible de démontrer que les attentes modifient la façon dont est traitée l'information sensorielle de douleur. Plus spécifiquement, en fonction des attentes reliées au stimulus, l'information provenant de différentes voies modulatrices descendantes semble se combiner aux afférences sensorielles afin de moduler, dans un sens comme dans l'autre, l'interprétation de l'expérience douloureuse (Keltner, Furst, Fan, Redfern, Inglis et Fields, 2006).

À l'aide d'un design expérimental semblable réalisé cette fois avec une population atteinte de lombalgie chronique, il a été possible d'induire de la peur de la douleur afin d'étudier son impact sur le comportement et la perception de douleur (Pfungsten et al., 2001). Encore une fois, des instructions légèrement différentes ont été transmises aux participants des groupes contrôle et expérimental tout juste avant la réalisation d'une tâche simple de flexion unilatérale du genou avec résistance en position assise. Les

participants du groupe contrôle ont été informés que la tâche n'entraînerait aucune augmentation de la douleur, tandis que les participants du groupe expérimental ont été informés qu'il était possible qu'ils ressentent une légère augmentation temporaire de la douleur. Tel qu'attendu, chez le groupe auquel les chercheurs ont induit de l'anticipation de la douleur, les performances aux différents tests fonctionnels se sont avérées de loin inférieures (diminution du nombre de répétitions, de la force exercée et de l'amplitude de mouvement) et les niveaux de peur et de douleur ressentis se sont avérés plus élevés.

Selon les conclusions des études expérimentales citées plus haut, les perceptions de l'individu face au stimulus peuvent suffirent à faire augmenter le niveau de douleur perçue et contribueraient ainsi, selon le modèle de Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995), au cercle vicieux menant à la chronicité de la douleur lombaire. Puisque les quelques études s'intéressant à la question statuent que la douleur module les réponses neuromusculaires du tronc (Dubois, Piche, Cantin et Descarreaux, 2011; Zedka, Prochazka, Knight, Gillard et Gauthier, 1999), il apparaît important de déterminer si les perceptions de l'individu face à un stimulus douloureux peuvent engendrer une influence sur ces réponses. En induisant volontairement des attentes négatives et positives face à un stimulus douloureux, la mesure du niveau de douleur perçue en lien avec les réponses neuromusculaires du tronc devrait permettre de déterminer si ces dernières sont modulées par les attentes ou strictement par le stimulus.

Objectif et hypothèses

L'objectif du présent projet de recherche consiste à déterminer si les attentes face à une douleur expérimentale appliquée sur la région lombaire peuvent moduler les réponses neuromusculaires du tronc pendant une tâche de flexion-extension du tronc. Pour ce faire, nous utiliserons les variables associées au phénomène de flexion-relaxation soit l'électromyographie de surface des muscles érecteurs du rachis et la cinématique lombopelvienne.

Nous émettons l'hypothèse qu'en cas de changement de perception de douleur induit par la modulation des attentes face au stimulus douloureux, les réponses neuromusculaires du tronc seront modifiées. Nous croyons aussi que ces changements neuromusculaires pourraient être plus importants chez les sujets pour qui les niveaux de réaction catastrophique et de peur de la douleur sont plus élevés.

CHAPITRE II

ARE PAIN-INDUCED ALTERATIONS OF NEUROMUSCULAR TRUNK RESPONSES MODULATED BY EXPECTATIONS?

TÉTREAUX Charles^{1,4}, DUBOIS Jean-Daniel^{2,4}, PICHÉ Mathieu^{3,5},

DESCARREAU Martin^{3,4}

¹Département des Sciences de l'Activité Physique, ²Département de Psychologie,
³Département de Chiropratique, ⁴Groupe de Recherche sur les Affections Neuro-
musculo-squelettiques, ⁵Groupe de Recherche en Neurosciences

Number of pages: 29

Number of figures: 4

Number of tables: 1

Corresponding author:

DESCARREAU Martin
3351, boul. des Forges, C.P. 500
Trois-Rivières, Québec
G9A 5H7
Telephone number : (819) 376-5011 #3977
Facsimile number: (819) 376-5112

Abstract

Psychosocial factors are known to play an important role in the development of chronic low back pain. However, underlying mechanisms remain to be identified. The purpose of this study was to investigate the effects of pain expectations on neuromuscular trunk responses of healthy subjects. Twenty-three healthy participants performed multiple flexion-extension movements in three different experimental conditions: innocuous heat stimulation (control) and noxious heat stimulation of invariable temperature associated with high and low pain expectations. Experimental pain was provided by a thermode placed over L4-L5. Neuromechanic variables including surface electromyography (EMG) of lumbar erector spinae (LES) recorded at L2-L3 and at L4-L5 and lumbopelvic kinematic variables were compared across the different experimental conditions. The movement was fragmented in four distinct phases: 1) quiet standing, 2) trunk flexion, 3) static full flexion and 4) trunk extension. Significant differences in EMG were observed in static full trunk flexion only. Interestingly, in this phase, pain triggered a local adaptation only as denoted by an amplified EMG at the homosegmental noxious stimulation site (L4-L5) and a similar muscle activity at the heterosegmental noxious stimulation site (L2-L3). Contrastingly, pain-related expectations had a significant modulatory effect on EMG only at the heterosegmental site and no effect was observed at the homosegmental site. These results suggest that expectations regarding acute lumbar pain can alter the forward bending strategy of healthy individuals, interfering with the usually observed pain-related adaptations. Further research is needed to

determine whether the effect of expectations observed in the present study result from an attenuation or an amplification of the pain-related adaptations.

1. Introduction

Chronic low back pain (LBP) still represents an important and costly health problem worldwide despite the advancement of knowledge, technological progress in diagnosis and the development of specialized medical evaluation tools and techniques (Dagenais, Caro et Haldeman, 2008). Because the mechanisms underlying LBP chronicization remain unclear, it is often impossible to make an early and precise diagnosis, therefore affecting negatively the patient's prognosis (van Tulder et al., 2002).

Over time, chronic LBP is known to be linked to multiple biomechanic disorders that contribute to the development and maintenance of functional limitations. For example, patients with chronic low back pain show an absent or an attenuated flexion-relaxation response as opposed to the normal reduced activity pattern of lumbar erector spinae (LES) in full trunk flexion observed in healthy participants (Colloca et Hinrichs, 2005). However, the presence and amplitude of this response is highly variable among individuals with chronic musculoskeletal LBP. One possible explanation for part of this variability is the modulation of neuromuscular adaptation by psychological factors such as fear of pain (Geisser, Haig, Wallbom et Wiggert, 2004). Other changes in motor control observed in individuals with LBP include increased abdominal myoelectric

activity (Cholewicki, Panjabi et Khachatryan, 1997) and reduced activity of the deep intrinsic trunk muscles (Hodges et Moseley, 2003). While co-activation of the large superficial trunk muscles may appear as an adequate response to pain, it may actually indicate that normal spine functions are affected as highlighted by a limited range of motion (ROM) (Zedka et al., 1999). More importantly, additional compression on the spine resulting from trunk stiffness exerts excessive intradiscal loading (Marras, Davis, Ferguson, Lucas et Gupta, 2001; Marras, Ferguson, Burr, Davis et Gupta, 2004). Biomechanical disorders associated with LBP not only translate in altered trunk muscles activation, but also to changes in lumbopelvic movement pattern in various task. For example, previous findings suggested that LBP is related to an alternative forward bending strategy of lumbar spine and hip motion (Esola, McClure, Fitzgerald et Siegler, 1996). Even if the biomechanical changes show great variability between patients, the manifestation of different adaptive strategies in the presence of pain usually leads to restricted spinal motion which inevitably compromises optimal movement and function. Although compelling evidences suggest that pain could be responsible for the changes in motor control of the lumbopelvic region, consequences related to these adaptive behaviours and their maintenance may contribute to the recurrence of LBP (Hodges, 2011; Hodges et al., 2003; Leeuw et al., 2007; Moseley, Nicholas et Hodges, 2004).

Over the past two decades, psychological and behavioral factors have been repeatedly associated with the development and maintenance of chronic LBP, acknowledging that the causes of chronic LBP far exceed a simple mechanical

dysfunction of the spine. A number of studies highlighted the importance of different psychological variables as predictors and aggravating factors of chronic LBP (Boersma et al., 2005; Linton, 2000; Vlaeyen et al., 2000; Wang, Hah et Carroll, 2009). Among these factors, catastrophizing, pain related fear and avoidance behaviors were all identified as critical components of the now well-known and broadly accepted fear avoidance model. This model suggests that it is the inaccurate interpretation of a potentially painful stimulus, instead of the stimulus itself, that leads to a negative appraisal of pain and to amplified symptoms (Leeuw et al., 2007).

The relation between psychological factors and chronic pain has been studied in depth in numerous cross-sectional and longitudinal studies, but only a few authors have directly assessed the causal relationship by experimentally manipulating these factors. In these few studies, researchers have been able to induce pain expectations to better understand the underlying mechanisms involved in the modulation of pain perception and physiological responses. Although our understanding remains incomplete, cortical appraisal and descending inhibition resulting from expectations are assumed to represent two distinct but concurrent mechanisms responsible for mediating the physiological response to pain (Goffaux, Redmond, Rainville et Marchand, 2007). Neuroimaging studies have identified different brain activity patterns when expectations are experimentally manipulated. Specifically, a modulation of the activity of multiple brain structures believed to be involved in the pain modulatory system such as ipsilateral caudal anterior cingulate cortex, head of the caudate, cerebellum and contralateral

nucleus cuneiformis have been observed when comparing high and low pain expectations (Keltner et al., 2006). Furthermore, as the descending pain modulatory system is known to facilitate or inhibit pain signal transmission, its activation through pain expectations drastically alters the strength of spinal nociceptive reflexes (Goffaux et al., 2007). Therefore, although expectations involve cognitive processes and influence perceptions, it is conceivable that mechanisms throughout the whole body reflect what the brain anticipates.

The purpose of this study was to investigate whether pain expectations could modulate pain-related neuromechanical adaptations of the lumbopelvic region during a flexion-extension task in healthy volunteers. It was hypothesized that expectations could modulate the amplitude of neuromuscular adaptations related to experimental low back pain.

2. Methodology

2.1 Participants

Twenty-three healthy individuals were recruited on the university campus to participate in this study. The sample consisted of 11 women and 12 men aged between 21 and 53 years old (mean \pm SD: 30.1 \pm 9). However, data from one subject (one woman) had to be excluded since some technical problems occurred with the thermode. Thus, all analyses presented include the remaining 22 participants. Exclusion criteria

included history low back pain episode linked to a decreased in functional capacities, low back pain at the time of testing, other chronic pain syndromes, psychiatric disorder and if participant took any analgesic or anti-depressive medication. Participants received a monetary compensation of 30\$ for their time and commitment. The project received approval from the local ethics committee for research with human and all participants gave their written informed consent prior to their participation in the study.

2.2 Psychometric evaluation

Multiple questionnaires targeting different psychological factors included in the fear-avoidance model developed by Vlaeyen were completed by participants before the beginning of the experiment. These questionnaires included the Pain Catastrophizing Scale (PCS), the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ-physical activity and work) and the Spielberger State-Trait Anxiety Inventory form Y (STAI-Y). All questionnaires were presented to the participants using a French validated version (Chaory, Fayad, Rannou, Lefevre-Colau, Fermanian, Revel et Poiraudau, 2004; French, Noël, Vigneau, Frech, Cyr et Evans, 2005; Gauthier et Bouchard, 1993; Vogler, Paillex, Norberg, de Goumoens et Cabri, 2008).

2.2 Flexion-extension task

The task used in this protocol consisted of a trunk flexion and extension performed from a standing position. The task consisted of four different phases: (a) standing still;

(b) trunk flexion to the reach of a fully-flexed (but not forced) position; (c) full flexion and (d) trunk extension to the initial upright position. In order to standardize the task, a metronome (1 Hz) as well as verbal instructions were simultaneously used to pace the movement. All flexion-extension cycles lasted 18 seconds: phases 1, 2 and 4 lasting 5 seconds each whereas phase 3 (full flexion) lasted 3 seconds. Participants were asked to practice until they felt comfortable with the task. This standardized task has frequently been used in the past and was shown to be a relevant discriminant task to evaluate neuromechanic trunk parameters (Descarreaux, Lafond et Cantin, 2010; Dubois et al., 2011; Owens, Gudavalli et Wilder, 2011).

The experimental protocol included a total of 27 flexion-extension movements divided in three blocks of 9 trials which were separated by 5 minute resting periods. During each block, participant completed an equal number of trials for each of the three experimental conditions: (a) innocuous heat stimulation; (b) noxious heat stimulation associated with high pain expectations and (c) noxious heat stimulation associated with low pain expectations. The three trials for each condition were presented successively (See *fig.1*).

2.3 Thermal cutaneous stimulation

Thermal cutaneous heat stimulation was delivered using a 9cm² contact thermode (Model TSA-2001, MEDOC Advanced Medical Systems, Ramat Yishai, Israel) applied

centrally (directly over the spine) between L4-L5 spinous processes. The thermode, kept in place during the entire experiment, was supported by a custom-made adjustable leather belt to optimize the contact between the thermode and the skin while the participant performed the flexion-extension task (see 2.2 *Flexion-extension task*). The belt was designed to prevent movement restraint and interference with light-emitting diodes used for kinematics assessment. This protocol has been used in previous study (Dubois et al., 2011). In this experimental protocol, participants received three different stimulations: control, low intensity noxious stimulation and high intensity noxious stimulation. A warm but innocuous stimulation set to 40° Celsius was used as a control stimulation for all participants. For both noxious stimulations, participants were tested individually immediately before the beginning of the experimentation using a single serie of increasing and decreasing intensity (back and forth from 42° to 51° with steps of 0.5°) in order to determine the temperature of the low intensity noxious stimulation (around 20/100 units on the numerical rating scale [NRS]) and the high intensity noxious stimulation (around 50/100 units on the NRS).

Stimulations were administered concurrently to the task, each of them lasting 18 seconds. The stimulation started while the participant was standing still and was maintained for the remaining of the task, ending exactly when the participant returned to the upright standing position. Following each flexion-extension task, participants were asked to evaluate their pain perception verbally on a NRS (Jensen et Karoly, 1992) ranging from 0 (no pain) to 100 (worst pain imaginable).

2.4 Procedure

To assess the contribution of expectations on neuromuscular trunk responses, the experimental protocol was designed to isolate this specific variable by combining high and low pain expectations with the same noxious temperature. In other words, in order to isolate the effect of expectations, instructions about the upcoming stimulation were sometimes concordant and sometimes discordant (see *fig.2*). Instructions were given to inform the participant of the intensity of the upcoming stimulation in the seconds preceding the beginning of each trial. A screen placed at eye level three meters in front of the participant displayed standardized instructions. Verbal cues and conditioning were used because they have strong and independent effects on expectations (Stewart-Williams et Podd, 2004). Furthermore, the two experimental conditions (high intensity noxious stimulation with high or low pain expectations) were always separated in time by either a pause or a block of three control stimulations (see *fig.2*). In order to control for sequence order effects, two sequences were preliminarily chosen and assigned to an equal number of subjects following an alternating scheme. The stimulations in the conditioning block were always presented in the same order and the two experimental blocks were interchanged for half of the subjects.

2.5 Data acquisition

2.5.1 Electromyography

Surface electromyography (EMG) was used to record activation of LES. Four rigid bipolar electrodes recorded LES muscle activation bilaterally directly at the same site where the pain stimulus was applied (L4-L5, homosegmental site) and slightly above (L2-L3, heterosegmental site). A ground electrode was placed on the left anterior superior iliac spine of all participants. Skin impedance was reduced by : (a) shaving body hair; (b) gently abrading the skin with fine-grade sandpaper (Red Dot Trace Prep, 3M , St. Paul, MN, USA) and (c) wiping the skin with alcohol swabs. EMG activity was recorded using a Delsys Surface EMG sensor with a common mode rejection ratio of 92 dB at 60 Hz, an input impedance of $10^{15} \Omega$ (Model DE2.1, Delsys Inc., Boston, MA, USA) and sampled at 1,000 Hz with a 12-bit A/D converter (PCI 6024E, National Instruments, Austin, TX, USA). The EMG data were filtered digitally by a 10 to 450 Hz bandpass, zero-lag, fourth-order Butterworth filter. The data were collected by LabView (National Instruments, Austin, TX, USA) and processed by Matlab (MathWorks, Natick, MA, USA).

To evaluate the modulation of EMG activity, the recorded data were calculated using root mean square (RMS) value and normalized with a standardized static submaximal reference task: standing still for 10 seconds, trunk inclined at 45°, 11.4kg weight held on the chest with crossed arms. This task was chosen as a reference task.

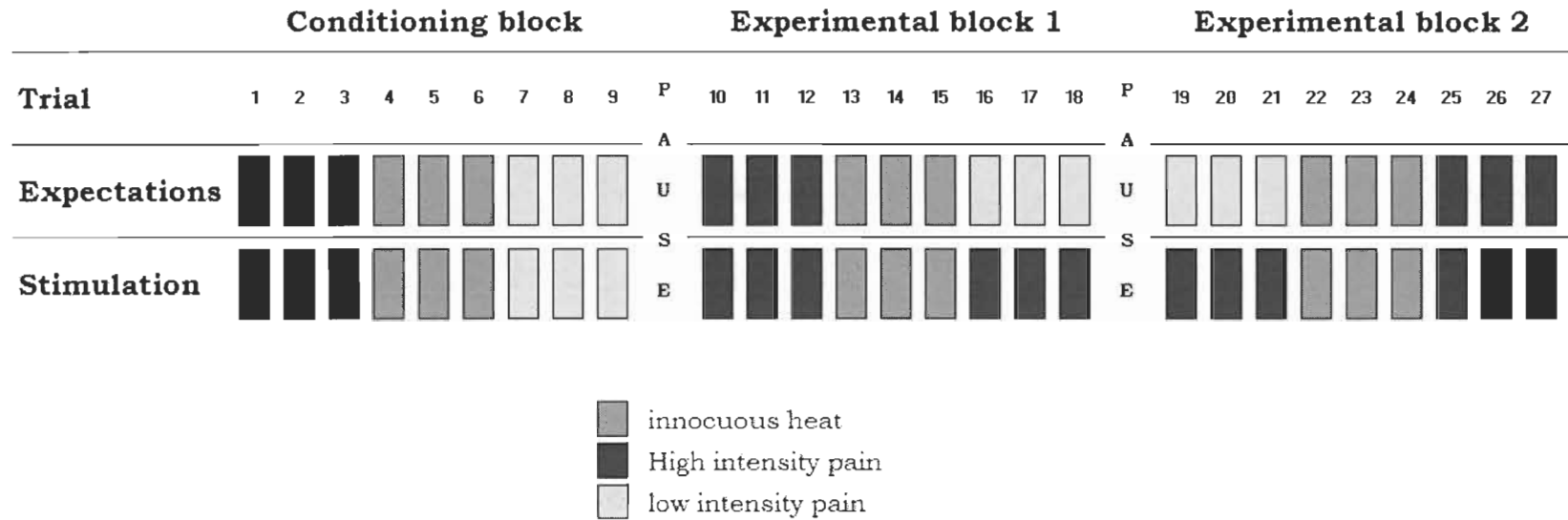


Figure 2. Experimental protocol is presented. Each trial consisted of one flexion-extension task performed while an innocuous or noxious stimulation was applied on the lumbar region. Expectations were modulated by three different sets of instructions provided to the participants: (a) «HEAT», grey background (control condition); (b) «LOW PAIN», light blue background and (c) «HIGH PAIN», red background. Furthermore, the first block of nine stimulations was intended as a conditioning block. In this first block, participants received three different stimulations (control, low intensity and high intensity noxious stimulation), each of them preceded by concordant information (i.e. the low intensity noxious stimulation was preceded by the low pain instruction). As for the second and third blocks, only the high intensity noxious stimulation was used conjointly with both low pain and high pain instructions.

Normalizing EMG with an isometric submaximal contraction have been shown to represent a reliable method (Burden, 2010). RMS values were calculated from a predetermined one second window for each of the four phases of the task. Left and right EMG value were compared and since no significant difference was observed (t-tests, $p > 0.05$), EMG data were then averaged (left and right) at L4-5 and L2-3.

2.5.2 Kinematics

A motion analysis system (Optotrak Certus, Northern Digital, Waterloo, ON, Canada) was used to perform the kinematic data acquisition. Kinematic markers were positioned on the right side of the participant on eight specific anatomical landmarks : (a) external malleolus; (b) Gerdy's tubercle; (c) lateral condyle of the femur; (d) great trochanter; (e) anterior superior iliac spine (ASIS); (f) posterior superior iliac spine (PSIS); (g) L1 and (h) T11. Data were sampled at 100 Hz and low-pass filtered by a dual-pass, fourth-order Butterworth filter with a cutoff frequency at 5 Hz.

Raw kinematics data were transformed into angles to evaluate the movement of the hip and the lumbar region. Each angle was created by two converging vectors, each of them resulting from a line drawn between two kinematics markers. The hip angle was formed from the pelvic plateau vector (ASIS and PSIS) and the thigh vector (lateral condyle of the femur and grand trochanter). The lumbar angle resulted from the combination of the dorsal vector (L1 and T11) and the pelvic plateau vector (ASIS and

PSIS). The lumbar and hip angles also served to calculate the lumbar/hip (L/H) ratio which reports the specific contribution of both lumbar region and hip articulation to the movement. The trunk flexion and extension amplitude were both divided in quartiles (Q1-Q4) for which the L/H ratio was computed (Descarreaux M, Lafond D et Cantin V, 2010, Dubois et al., 2011).

2.6 Statistical analyses

In order to isolate the role of expectations on neuromuscular trunk responses, all trials from the first block (conditioning block) were not included in statistical analyses since two different noxious temperatures were used. Only trials from the two experimental blocks (See *fig.1*) were analyzed. Therefore, six trials of each condition were performed, which were analyzed as a mean per condition. To assess the influence of expectations on perceived pain, paired t-test was conducted between the pain ratings of the high and low pain expectations, both associated with the same noxious temperature. EMG data for each of the four movement phases (quiet standing, flexion, static full flexion and extension) were analyzed by a one-way repeated-measures MANOVA with the EMG data from the two segments as dependant variables and the three conditions (innocuous heat, low and high expectations associated with the same noxious stimulation) as repeated factors. Furthermore, kinematic dependent variables (L/H ratio in each quartiles in flexion and extension as well as lumbar and hip ROM) were analyzed individually with one-way repeated measures ANOVAs with the three

conditions (innocuous heat, low and high expectations associated with the same noxious stimulation) as a repeated factor. Planned comparisons followed statistically significant MANOVA and ANOVAs to test a priori hypotheses. Planned comparisons were conducted to determine : (a) the effect of pain (innocuous heat stimulation compared to noxious stimulation associated with low expectations) and (b) the effect of expectations (low expectations compared to high expectations, both conditions associated with the same noxious temperature). Moreover, planned comparisons were also conducted in order to determine if both segments investigated responded differently to pain and to expectations. For all statistical analysis, $p < 0.05$ (two tailed) was considered to be statistically significant. All data are presented as mean \pm standard deviation, except where indicated.

3. Results

3.1 Participants characteristics

Participants' characteristics are presented in *table 1*.

Sex	12 men, 10 women
Age	30.41 ± 9.31
Weight (kg)	66.03 ± 11.31
Height (cm)	171.50 ± 11.30
BMI	22.45 ± 2.11
PCS	8.41 ± 10.28
FABQ pa	1.14 ± 3.33
FABQ work	1.45 ± 4.74
STAI-Y state	25.86 ± 7.82
STAI-Y trait	28.50 ± 11.25

Table 1. Participants' characteristics are presented.

3.2 Manipulation check

The hypothesis that a modulation of expectations would alter pain perception was confirmed. Pain ratings were significantly lower for the low pain expectations compared with the high pain expectations when both conditions were associated with a noxious stimulation of identical temperature (46.0 ± 11.0 vs 32.2 ± 10.6 , $t=12.13$, $p<0.001$).

3.3 Effect of experimental pain and related expectations on myoelectric activity of LES

MANOVAs of EMG revealed no significant difference in the myoelectric activity of LES between the three experimental conditions in quiet standing ($F(4,18)=0.06$, $p=0.99$), flexion ($F(4,18)=1.76$, $p=0.18$) and extension phases ($F(4,18)=1.03$, $p=0.42$). However, in the fully flexed static position, a significant difference was observed ($F(4,18)=5.95$, $p=0.003$), for both L4-L5 ($F(2,42)=10.12$, $p<0.001$) and L2-L3 ($F(2,42)=5.46$, $p=0.008$). When segments were analyzed separately, planned comparisons revealed that at L4-L5, the low expectations condition led to higher myoelectric activity when compared to a control innocuous stimulation ($F(1,21)=12.66$, $p=0.002$) but not at L2-L3 ($F(1,21)=2.01$, $p=0.17$). Conversely, at L4-L5, the high expectations condition did not result in a significant increase of myoelectric activity when compared to the low expectations condition ($F(1,21)=1.58$, $p=0.22$) in contrast to results obtained at L2-L3 ($F(1,21)=9.45$, $p=0.006$). Typical EMG responses are presented for both segments evaluated in figure 3. Detailed results of EMG in full

flexion are presented in *figure 4*. Planned comparisons between L2-L3 and L4-L5 revealed a significant difference between the two sites concerning the effect of pain ($F(1,21)=13.97, p=0.001$), but no difference was observed for the effect of expectations ($F(1,21)=0.18, p=0.67$). In brief, pain had a significant effect only on activity at homosegmental noxious stimulation site and further analysis confirmed that both sites responded differently regarding the noxious stimulation. As for expectations-related changes, heterosegmental noxious stimulation site showed a significant increase in myoelectrical activity of LES contrary to the homosegmental site. However, further comparison confirmed that no significant difference exist between the two sites for the expectations-related changes observed.

3.4 Effect of experimental pain and related expectations on lumbopelvic kinematics

3.4.1 Lumbopelvic rhythm

ANOVAs of L/H ratio indicated that significant changes were observed between the three experimental conditions during Q2 in flexion ($F(2,42)=8.82, p<0.001$) and during Q2 ($F(2,42)=3.20, p=0.05$), Q3 ($F(2,42)=5.80, p=0.006$) and Q4 ($F(2,42)=7.03, p=0.002$) in extension. In all quartiles specified previously, planned comparisons revealed that the painful stimulation led to significantly different ratios from the innocuous stimulation: Q2 flexion ($F(1,21)=9.42, p=0.006$), Q2 extension ($F(1,21)=4.69, p=0.04$), Q3 extension ($F(1,21)=7.25, p=0.01$) and Q4 extension ($F(1,21)=6.64, p=0.02$). In all these quartiles, the modulation of the pain perceptions by

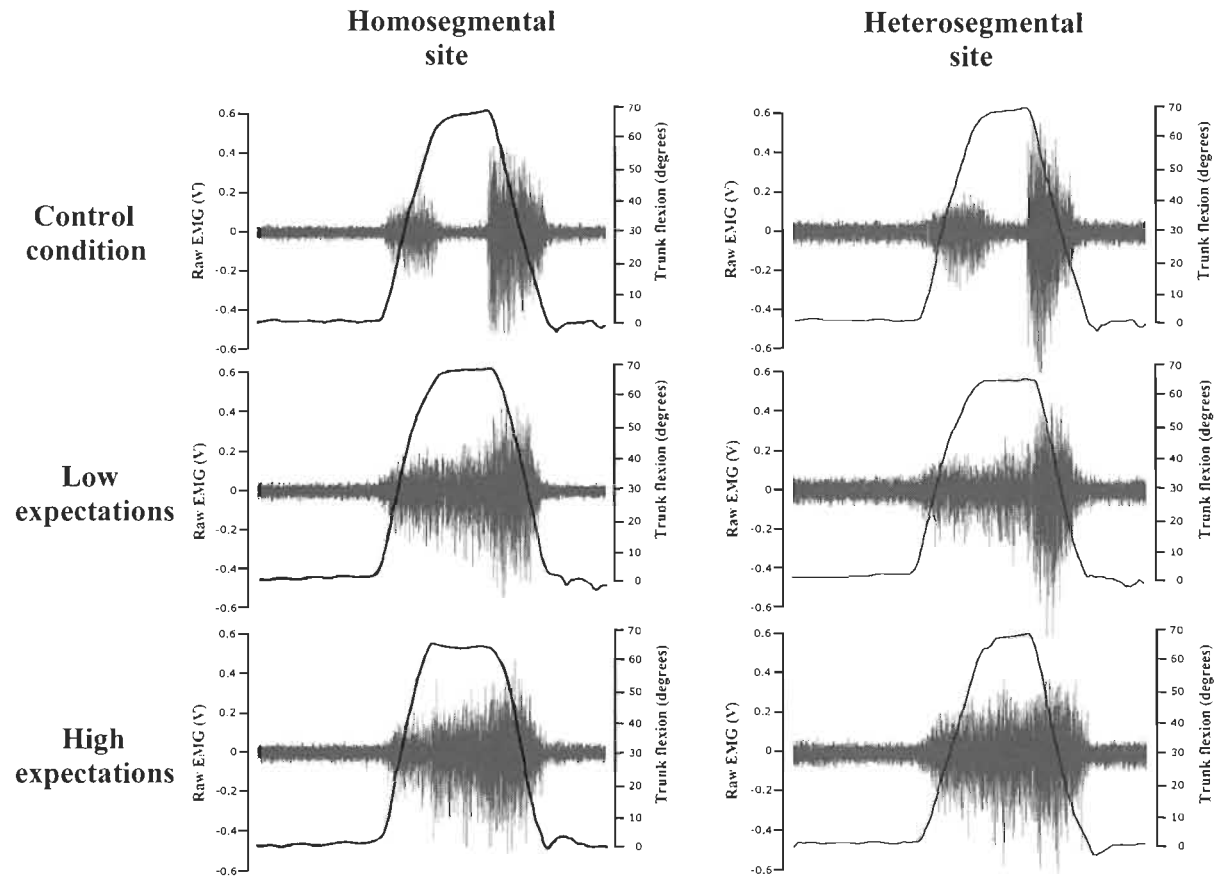


Figure 3. Typical EMG activity of both homosegmental and heterosegmental noxious stimulation site in the three experimental conditions are presented. As illustrated, EMG activity of homosegmental LES in the low expectations condition is more similar to what is observed in the high expectations condition. Conversely, EMG activity of heterosegmental LES in the low expectations condition is more similar to what is observed in the control condition.

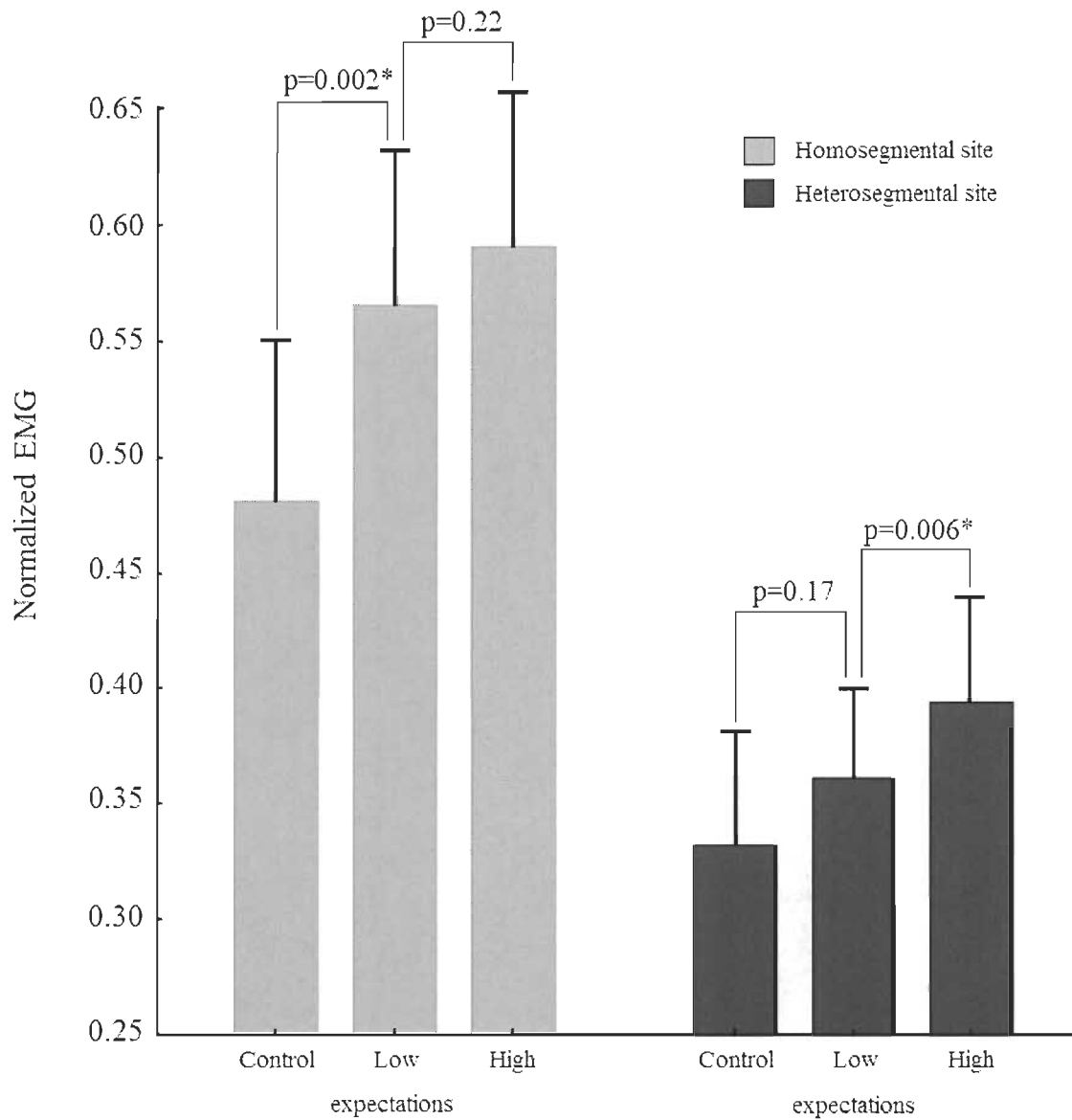
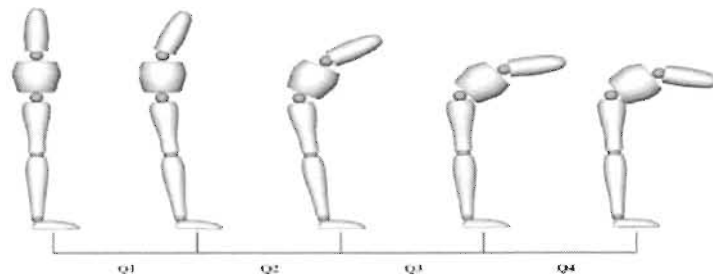


Figure 4. ANOVAs of LES myoelectric activity of both segments evaluated in full trunk flexion are presented. Planned comparisons indicate the effect of pain (control vs low expectations) and expectations (low vs high expectations).

expectations did not result in a significantly altered flexion-extension pattern ($p=0.28-0.98$). Detailed results are presented in *table 2*.

3.4.2 Lumbopelvic range of motion

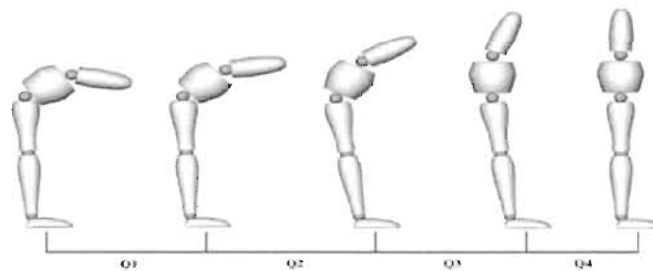
ANOVAs for ROM indicated that significant lumbar ROM differences were present between the three conditions ($F(2,42)=4.94$, $p=0.01$). No difference was observed at the hip ($F(2,42)=0.18$, $p=0.83$). The painful stimulation associated with the low expectations, when compared to the control stimulation, resulted in reduced lumbar ROM ($F(1,21)=7.11$, $p=0.01$). However, the magnitude of this ROM decrease was only 1.5° on a total lumbar ROM of 44.8° . As for the effect of expectations, no difference was observed between the high and low pain expectations ($F(1,21)=0.02$, $p=0.90$).



Flexion

Pain	control	1.50 (1.08)	1.39 (0.75)	1.22 (0.39)	1.08 (0.77)
	low expectaions	1.45 (0.91)	1.25 (0.66)	1.14 (0.36)	1.12 (0.88)
	p value	0,34	0,006*	0,13	0,63

Expectations	low expectations	1.45 (0.91)	1.25 (0.66)	1.14 (0.36)	1.12 (0.88)
	high expectations	1.51 (1.11)	1.24 (0.76)	1.13 (0.32)	1.17 (0.89)
	p value	0,29	0,81	0,71	0,38



Extension

Pain	control	0.96 (0.59)	1.37 (0.50)	1.57 (0.71)	1.43 (0.90)
	low expectaions	1.07 (0.53)	1.29 (0.42)	1.42 (0.75)	1.26 (0.94)
	p value	0,16	0,04*	0,01*	0,02*

Expectations	low expectations	1.07 (0.53)	1.29 (0.42)	1.42 (0.75)	1.26 (0.94)
	high expectations	1.07 (0.54)	1.29 (0.46)	1.45 (0.74)	1.26 (0.93)
	p value	0,95	0,82	0,28	0,98

Table 2. L/H ratios are presented as mean (standard error). Significant differences were observed for the effect of pain in Q2 flexion and in Q2, Q3 and Q4 in extension. However, expectations did not yield significant changes in lumbopelvic kinematic.

4. Discussion

The aim of the present study was to determine whether expectations could modulate pain-related neuromechanic adaptations in the forward bending strategy. Results indicate that participants' pain perceptions were successfully altered while using a noxious stimulation of invariable temperature combined with high or low pain expectations. Therefore, it was possible to isolate the effect of expectations and further confirm if these changes are associated with a modulation of neuromechanical adaptations of the lumbopelvic region. The present findings indicate that pain expectations did not have any influence on the flexion nor the extension phases of movement. However, significant changes were observed in the myoelectric activity of LES during full trunk flexion (static position) which, interestingly, were only present for one of the two investigated sites.

4.1 Effects of expectations on pain perceptions

In the present study, the visual and verbal cues combined with the conditioning trials and the chosen stimuli presentation sequences were sufficient to significantly modify the participants' pain perception. The mean difference in pain ratings due to the induced expectations was 13.8 on a 100 point NRS and was therefore not only statistically significant but was also greater than the generally accepted 12-13 point consensus for clinical significance (Gallagher, Liebman et Bijur, 2001; Kelly, 2001; Todd, Funk, Funk et Bonacci, 1996). The present results are consistent with previous

findings that information provided to a participant prior to upcoming pain strongly influences the pain experience in both clinical and experimental settings (Atlas, Bolger, Lindquist et Wager, 2010). Multiple mechanisms are believed to be involved, but cognitive factors are known to play an important role in the modulation of perceptions. Among the possible causes, evidence suggests that the depletion of serotonin and norepinephrin in the limbic system in patient with depressive mood (Bair et al., 2003), the interference of the negative emotions (Wiech et al., 2009) and pain expectation (Keltner et al., 2006) facilitate nociceptive transmission through the descending pain modulatory system which plays an important role in the modulation of pain perception.

4.2 Effect of pain on neuromuscular and kinematic responses

The results obtained indicate that, as expected, the painful stimulation yielded various alterations in the movement pattern. Changes induced by the painful stimulation were observed for both EMG activity and kinematic, suggesting that important modifications in the forward bending strategy occurred in the presence of pain. These results are in accordance with previous published results where experimental low back pain was shown to trigger neuromuscular and kinematic adaptations that are similar to those encountered in chronic LBP populations (Dubois et al., 2011; Hodges, Moseley, Gabriellsson et Gandevia, 2003; Zedka et al., 1999).

4.3 Effect of expectations on neuromuscular and kinematics responses

A modulatory effect of expectations on motor behaviors during the flexion-extension task seems to be present, although considerably weaker than the actual pain-related adaptations. For EMGs, expectations yielded a significant difference in myoelectric activity of LES only in the fully-flexed static position. In this phase of the movement, both lumbar segments investigated showed the highest myoelectrical activity of LES recorded when high pain expectations were combined with the noxious stimulation. This result is consistent with previous work indicating that, when combined, high pain expectations and high intensity noxious stimulation produce an increased physiological response that could not be obtained by expectations or pain alone (Keltner et al., 2006). Interestingly, only one of the two sites examined showed expectation-related modulation of myoelectric activity as low pain expectations resulted in a decreased myoelectric activity of LES only at the heterosegmental noxious stimulation site and not at the homosegmental site. The present results could be explained by the fact that even though pain perception did significantly decrease in the presence of low pain expectations, the mean pain ratings for this condition remained at a level sufficient to produce important pain-related adaptations (Dubois et al., 2011). It is therefore hypothesized that a moderate lumbar pain in the range of 35/100 on NRS is sufficient to generate maximal EMG activity of LES directly at the segment where pain is generated. However, at the heterosegmental noxious stimulation site, the nociceptive inputs were less important since no direct stimulation was applied on the skin and consequently, only diffused pain was perceived. It is therefore conceivable that in the

present experiment, the descending pain modulation system exerted a greater effect heterosegmentally than homosegmentally. Since expectations of high pain resulted in an increased myoelectrical activity of LES distant from the noxious stimulation when compared expectations of low pain, it suggests that expectations are sufficient to trigger adaptive strategy which aim at protecting the spine and minimizing experienced pain (Hodges, van den Hoorn, Dawson et Cholewicki, 2009). These results are consistent with previous findings indicating that anticipation of back pain (Moseley et al., 2004) and pain related-fear (Geisser et al., 2004) are sufficient to respectively replicate or amplify the trunk stiffening strategy associated with clinical LBP (Hodges et Tucker, 2011).

Kinematics data showed no difference related to expectations as illustrated by constant lumbopelvic rhythm parameters and an invariable ROM. However, the absence of significant results could also be attributed to the fact that important kinematic adaptations are observed in the presence of a moderately painful experimental stimulation (Dubois, 2011). Furthermore, even though no threshold has been suggested in the literature regarding the minimal clinically important difference in lumbar ROM, it could be argued that the 1.5 degree difference in lumbar ROM observed between control and noxious stimulation is not highly clinically relevant.

The present results are consistent with previous work indicating that expectations modify the physiological responses to pain. The cognitive interpretation of the painful

stimulus is therefore not only driven by nociceptive afferent input as it is also tempered by the pain modulatory system (Goffaux et al., 2007). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) studies detected that expectations, as well as other psychological factors, alter the neuronal activity of different brain region implicated in descending pain inhibition, principally the ipsilateral caudal anterior cingulate cortex, the head of the caudate, the cerebellum and the contralateral nucleus cuneiformis (Keltner et al., 2006). These mechanisms take place in parallel to the processing of nociceptive afferent inputs and both informations converge in order to produce the efferent motor response (Keltner et al., 2006). Interestingly, the activation of the pain modulatory system does not always results in an analgesic effect. Depending on the nature of the expectations, either pro or anti-nociceptive, the modulation can be bidirectional as the pain modulatory system exerts an inhibitory or facilitatory influence on pain signal transmission (Bingel et Tracey, 2008).

To the best of our knowledge, this is the first study to assess the role of pain related expectations on the biomechanics of the lumbopelvic region in a flexion-extension task. The only study found that used a similar protocol to investigate biomechanical variables assessed the role of pain anticipation on performance and behavioral response in a chronic LBP population (Pfungsten et al., 2001). Inducing pain anticipation in the experimental group in contrast to no anticipation in the control group prior to a leg flexion task led to diminished knee range of motion, work ratio and number of movements. Pfungsten and colleagues showed strong pain anticipation effects

and as hypothesized by the authors, LBP patients may be more easily influenced by information regarding onset or amplification of pain.

4.4 Role of psychological factors in the development of chronic low back pain

In the present study, the recruited participants obtained a mean score of 8.04 on the PCS, which is well below the threshold of 15 under which responders are considered as non-catastrophizers (Sullivan et Bishop, 1995) and is even below scores found in large community samples (Severeijns, van den Hout, Vlaeyen et Picavet, 2002). Furthermore, similar scores were found for anxiety and fear-avoidance beliefs. Therefore, they represented a sample of individual weakly susceptible to be influenced by information aiming at inducing pain expectations. However, the fact that participants were less predisposed to develop fear and catastrophizing did not necessarily weakened the impact of the pain perception modulation mechanisms as conditioning have been shown to have strong impact on healthy participants, although the effect of verbal cues seems to vary from weak to null (de Jong, van Baast, Arntz et Merckelbach, 1996; De Pascalis, Chiaradia et Carotenuto, 2002; Voudouris, Peck et Coleman, 1990). Despite effective pain modulation was observed, the influence of expectations were certainly attenuated because of the low fear and catastrophizing predispositions of participants. As the fear-avoidance model of chronic pain suggests, it is conceivable that less catastrophic thoughts and low fear predisposition would translate in fewer avoidance behaviour even in the presence of pain (Vlaeyen et al., 2000). It is hypothesized that

compared to chronic LBP patients, healthy participants confronted to brief and non-harmful painful stimulations do not necessarily feel the need to voluntarily use protective strategy. Conversely, chronic LBP patients that have had repetitive negative painful episodes probably develop, over time, movement pattern adaptations in order to prevent or minimize experienced pain. These adaptations are shown to be triggered by pain, but could also hypothetically originate from a cognitive interpretation of a potentially noxious stimulus. Multiple causes lead to this hypothesis as fear-avoidance beliefs (Fritz, George et Delitto, 2001) and catastrophizing (Linton, 2000) represent important risk factors in the transition from acute to chronic LBP. More importantly, higher degree of fear of pain is related to amplified neuromechanical adaptations to pain in chronic LBP population (Geisser et al., 2004). Therefore, if expectations are sufficient to maintain or amplify pain-related adaptations to an important degree in acute or chronic LBP populations, this would have obvious repercussions on the recovery process. As pain-related adaptations have been repeatedly proposed to be associated with potential long term sequelae in spinal function and the persistence of pain (Hodges et al., 2003; Moseley et al., 2004), it is hypothesized that amplified pain expectations could predispose to chronicity. Further research is needed to better understand the role of pain expectations on the neuromechanical trunk responses in chronic LBP population

4.5 Study limitations

One limitation of this study is that the noxious stimulations were always associated with instructions aiming at modulating expectations. It is therefore not possible to determine whether the modulation of pain-related adaptations is caused by hypoalgesia or hyperalgesion expectations and further research will need to address this question. This noxious condition without expectations was voluntarily excluded for multiple reasons. First, as this same protocol should be repeated in a chronic low back pain population, it was decided that 27 trials represented a reasonable number of trial for patients with low back pain. It was also hypothesized that a limited number of experimental conditions would provide more constant and more significant responses than a higher number of conditions with a lower number of trials in each. This rapid succession of different experimental condition could possibly have led to less adaptability and the use of a more rigid strategy independently of the instructions provided. Ultimately, since this is the first study to investigate the role of expectations on the modulation of trunk neuromechanic in a dynamic task and as the objective was exploratory, the experimental conditions needed to be polarized. Still, even though the interpretation of the present results is limited, this study highlighted that expectations have a modulatory role on the trunk neuromechanic in the presence of pain.

5. Conclusion

The current findings indicate that although the effects are limited, pain expectations modulation resulted in an altered behavioral response in healthy individuals confronted to experimental pain. Even if pain-related adaptations may be appropriate in acute LBP, their persistence after the healing phase may lead to pain chronicity. Therefore, by lowering negative pain expectations in LBP patients and consequently reducing the need to use adaptive motor strategies, it is conceivable that chronicity could be limited. For that reason, clinicians should always assess the psychosocial portrait of patients in order to minimize fearful thoughts and facilitate the return of normal motor behavior. Further research is needed to better understand the role of pain expectations on the neuromuscular trunk responses in chronic LBP population.

CHAPITRE III

DISCUSSION

Synthèse des résultats et rappel des objectifs et hypothèse

La présente étude avait comme objectif de déterminer si les attentes associées à la douleur lombaire peuvent altérer les réponses neuromécaniques chez un groupe de sujets sains soumis à une douleur expérimentale. L'hypothèse qu'une modulation de la perception de douleur par les attentes entraînerait divers changements dans le contrôle moteur a été émise. Tel qu'anticipés, certains changements ont été observés suite à l'induction d'attentes de douleur faible et élevée, bien qu'ils n'ont été observés que dans la phase statique de pleine flexion du tronc (phase de flexion relaxation). En effet, pendant cette phase, l'activité EMG des muscles érecteurs du rachis lombaire a été significativement différente entre les conditions d'attentes de douleur élevée et faible, quoique cette différence n'a été présente que pour un des deux segments lombaires étudiés. Cependant, une certaine ambivalence a été observée dans les résultats puisque, contrairement à ce qui était anticipé, la cinématique lombopelvienne est demeurée inchangée. En effet, les ratios lombopelviens ont été modifiés par la douleur, mais aucune différence n'a pu être observée en comparant les conditions d'attentes de douleur faible et élevée. En ce qui a trait à l'amplitude de mouvement, une diminution a été observée pour la région lombaire lors de l'application d'une stimulation de douleur expérimentale, mais les attentes n'ont pu moduler cette adaptation. Cependant, puisque

cette différence est minime et ne peut donc pas être considérée comme cliniquement significative, il est possible de conclure que la douleur n'a pas engendré de différence dans l'amplitude de mouvement. De plus, étant donné la faible étendue des données récoltées par les questionnaires visant à mesurer différents facteurs psychologiques, il n'a pas été possible de conclure sur l'interaction possible entre la prédisposition psychologique et le recours aux comportements d'appréhension-évitement induits par les attentes.

Limites

L'absence d'une condition contrôle où la stimulation douloureuse serait appliquée sans être associée à une attente constitue une limite de l'étude puisque cette condition aurait entre autre permis de mieux comprendre le rôle individuel des attentes d'hypoalgésie et d'hyperalgésie. Il a volontairement été choisi de ne pas inclure une telle condition pour différentes raisons. Tout d'abord, le protocole expérimental comportait un nombre déjà élevé d'essais étant donné la présence d'un bloc de conditionnement qui n'a pas été inclus dans les analyses statistiques. De plus, étant donné que ce même protocole sera répété avec un groupe de sujets atteints de lombalgie chronique, il a été décidé qu'un total de 27 tâches de flexion-extension en plus des diverses procédures préparatoires à l'expérimentation réalisées en position statique debout constituaient les limites raisonnables à ne pas dépasser. Le protocole a donc été établi en fonction de potentialiser de façon bidirectionnelle l'effet des attentes et ce, dans le but de détecter si

de façon générale des différences pourraient être observées. En résumé, malgré l'absence de cette condition neutre (douleur sans attente associée), il semble possible de déterminer l'effet des attentes sur les réponses neuromécaniques associées à la douleur expérimentale. Cependant, d'autres études devront être réalisées afin de déterminer si les différences observées proviennent d'une atténuation ou d'une amplification de ces réponses par les attentes ou les deux.

Outre ces quelques limites, les données recueillies lors de cette étude permettent tout de même d'améliorer notre compréhension du rôle de l'interprétation d'un stimulus douloureux dans la mise en place de la stratégie motrice du tronc en présence d'une douleur lombaire. En fournissant pour la première fois des preuves expérimentales de l'effet des attentes sur la modulation des réponses associées à la douleur lors d'une tâche de flexion-extension, il devient de plus en plus clair que divers mécanismes responsables de la modulation de la douleur peuvent, tel qu'anticipé au début de cette expérience, moduler les réponses neuromusculaires du tronc.

Relation entre les facteurs psychologiques et le développement d'incapacités fonctionnelles

Depuis la proposition du modèle de «*fear-avoidance*» de Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995), l'intérêt de la communauté scientifique pour l'étude des facteurs psychosociaux dans le passage à la chronicité ne cesse de s'accroître. En effet, la théorie selon laquelle

de nombreux facteurs physiologiques, psychologiques et comportementaux constitueraient des facteurs prédisposant et aggravant des douleurs lombaires chroniques est maintenant admise de tous. Les résultats obtenus au cours de la présente étude permettent d'accumuler des preuves supplémentaires afin de confirmer diverses hypothèses sur le rôle des facteurs psychosociaux et permettent par le fait même d'approfondir notre compréhension des divers mécanismes d'adaptation en présence d'une douleur lombaire.

Le modèle de Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995), plusieurs fois validé à l'aide de devis de recherche corrélationnelle qui ont permis de confirmer les associations entre les différentes composantes du modèle, suggère que l'interprétation du stimulus potentiellement douloureux a un effet modulateur parfois plus important encore que le stimulus lui-même. En effet, il a entre autres été soulevé que la peur du mouvement serait davantage corrélée à l'indice d'incapacité fonctionnelle que la douleur elle-même (Crombez et al., 1999). De plus, la dramatisation face à la douleur jouerait un rôle crucial dans l'expérience douloureuse étant donné qu'elle est étroitement corrélée à l'intensité de la douleur (Severeijns et al., 2001; Turner et al., 2002), aux limitations fonctionnelles et à la détresse psychologique (Severeijns et al., 2001). Cependant, ce type d'étude ne permet pas d'établir de façon définitive le lien de causalité entre les différents facteurs. Impossible donc, de déterminer si les facteurs psychosociaux représentent une cause ou une conséquence dans la transition de la douleur aiguë à la douleur chronique.

Effet d'une intervention sur les facteurs psychologiques dans le traitement des douleurs musculosquelettiques chroniques

Afin de mieux comprendre les effets de l'interaction entre les facteurs psychosociaux, la perception de douleur ainsi que l'incapacité fonctionnelle, plusieurs études expérimentales ont mesuré l'effet d'une intervention visant à diminuer la réaction catastrophique et la peur du mouvement. Les résultats de ces études appuient le modèle de Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995) puisqu'il a été possible d'observer qu'une diminution de la peur du mouvement ainsi qu'une diminution du recours aux comportements d'appréhension-évitement ont entraîné une réduction des limitations fonctionnelles et de la douleur (Boersma et al., 2005; Woods et Asmundson, 2008). Ces constats ont permis de fournir des preuves additionnelles quant au rôle des facteurs psychologiques dans le conditionnement des réponses physiologiques à la douleur.

En plus des études visant à mesurer l'effet d'une intervention axée sur différents facteurs psychosociaux du modèle de «*fear-avoidance*» (Vlaeyen et al., 1995), une étude récente s'est intéressée à la relation entre les différents facteurs du modèle à différent moment dans l'évolution de la condition (Wideman et al., 2009). Pendant dix semaines, les 121 participants de l'étude aux prises avec des douleurs musculosquelettiques chroniques et des niveaux de dramatisation face à la douleur et de peur du mouvement

élevés ont été suivis par des psychologues dans le but d'accélérer leur retour au travail. Contrairement aux prédictions du modèle de «*fear-avoidance*», il n'a pas été possible d'établir de corrélation significative entre une diminution hâtive (entre le début et le milieu de l'intervention) du niveau de réaction catastrophique et une diminution tardive (entre le milieu et la fin de l'intervention) du niveau de peur du mouvement, de la dépression et du niveau de douleur. Toutefois, la diminution hâtive de la réaction catastrophique ainsi que la diminution tardive de la peur du mouvement et de la douleur perçue ont été significativement liées au retour au travail. Il a également été possible de remarquer que les participants ayant bénéficié le moins de l'intervention, c'est-à-dire qui ont témoigné des plus petites améliorations de leur profil selon les facteurs psychosociaux à l'étude, ont présenté le plus faible taux de retour au travail. À la lueur de ces résultats, il a été soulevé que ce ne sont pas les niveaux initiaux des différents facteurs psychosociaux, mais plutôt l'amplitude des changements enregistrés dans ces variables selon la séquence proposée par Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995) qui constituerait le meilleur indice du retour au travail. Ces résultats appuient l'idée qu'une intervention psychologique peut adéquatement favoriser le retour au travail d'individus atteints de douleurs chroniques. Plus important encore, ils ont également permis de fournir des preuves expérimentales à la validation du modèle de «*fear-avoidance*» (Vlaeyen et al., 1995). En effet, le fait de prendre trois mesures au début, au milieu et à la fin de l'intervention a permis d'observer la relation dynamique entre les facteurs du modèle et d'appuyer la séquence proposée dans la relation entre la dramatisation face à la douleur, la peur du mouvement et les répercussions sur les capacités fonctionnelles.

Effet des facteurs psychologiques dans le traitement de l'information nociceptive

D'un autre côté, l'étude des mécanismes endogènes de modulation de la douleur associés à l'interprétation cognitive du stimulus douloureux ou potentiellement douloureux permet de mieux comprendre pourquoi un individu développera des douleurs chroniques tandis qu'un autre individu pourtant aux prises avec les mêmes symptômes guérira rapidement et sans séquelle de cet épisode douloureux. La prédisposition psychologique et les attentes liées à un stimulus potentiellement douloureux influencent effectivement les perceptions de l'individu face à l'épisode douloureux et constitue de ce fait la pierre angulaire initiant la boucle menant vers la chronicité. Un nombre grandissant de preuves témoignent que les perceptions de l'individu sont, du moins en partie, responsables de différents changements physiologiques et comportementaux. Les attentes de douleur élevée engendrent entre autres une augmentation de la perception de douleur (Sawamoto, Honda, Okada, Hanakawa, Kanda, Fukuyama, Konishi et Shibasaki, 2000) tandis que des attentes de douleur faible entraînent une réponse contraire (De Pascalis et al., 2002). D'un point de vue physiologique, ce phénomène s'explique par l'activation d'un réseau complexe d'intégration et de traitement de l'information en lien avec la douleur. Plus spécifiquement, les attentes liées à un stimulus douloureux influencent la perception de douleur par le biais de deux processus parallèles, soit l'inhibition descendante résultant entre autres de l'activation du cortex préfrontal (Lorenz, Minoshima et Casey,

2003) et la convergence de signaux modulateurs provenant de différentes régions corticales qui interfèrent avec les afférences sensorielles dans le noyau cunéiforme (Keltner et al., 2006). Les signaux afférents de douleur sont donc directement perçus comme moindres lors de leur interprétation par les structures cérébrales impliquées dans le traitement des afférences douloureuses (thalamus, cortex insulaire et cortex somatosensoriel) étant donné la diminution de leur activité corticale (Bingel et al., 2008).

Rôle des facteurs psychologiques dans la modulation des réponses physiologiques et neuromécaniques à la douleur

Puisque de nombreux changements sur le plan cognitif prennent place et interfèrent avec l'interprétation du stimulus douloureux, il est proposé que cette situation entraîne également diverses répercussions sur les réponses du corps à la douleur. Quoique notre compréhension du phénomène demeure limitée, quelques résultats préliminaires fournissent des pistes de réponse quant aux mécanismes impliqués et permettent ainsi de supposer que cette hypothèse serait fondée. Tout d'abord, il semble que les attentes d'hyperalgésie soient suffisantes pour bloquer complètement l'effet analgésique normalement associé à la contre-irritation (Goffaux et al., 2007), soit le fait qu'une douleur soit masquée par un foyer douloureux hétérotopique. Les données recueillies lors de cette manipulation indiquent que les attentes ont non seulement comme effet d'empêcher l'expression du réseau responsable de l'inhibition de la

douleur, mais également de moduler le réflexe de retrait activé par une stimulation galvanique appliquée sur le nerf sural derrière la malléole. Une autre étude visant quant à elle à mieux comprendre l'effet des attentes lors de la réalisation de la tâche d'extension du bras développée par Hodges (Hodges et Richardson, 1997) en est arrivée à des résultats similaires. Il a en effet été conclu que la stratégie de control postural lors de l'extension rapide du bras est grandement influencée par les attentes de douleur modérée (Moseley et al., 2004). Plus spécifiquement, les auteurs ont remarqué que la présence d'attentes de douleur entraîne un délai dans l'activation des muscles profonds du tronc et une augmentation de l'activité musculaire des muscles superficiels du tronc. Plus encore, la séquence biphasique normalement observée lors de la réalisation de cette tâche a été remplacée par une activation monophasique des muscles profonds du tronc en présence d'attentes de douleur lombaire. En reproduisant des changements très semblables à ceux observés chez des sujets lombalgiques à l'aide de la modulation des attentes reliées à une douleur lombaire expérimentale, les auteurs ont soulevé que ces changements dans la stratégie posturale seraient causés par une intention de protéger la colonne vertébrale et ainsi de limiter la douleur ressentie. Les résultats obtenus lors de l'étude en cours sont comparables à ceux présents dans la littérature scientifique et permettent d'appuyer le constat que les attentes modulent la réponse à la douleur. Plus spécifiquement, le fait que les attentes de douleur élevée soient associées à une plus grande activité musculaire des érecteurs du rachis lombaire comparativement aux attentes de douleur faible lors de la pleine flexion du tronc témoigne d'une transition dans la stratégie motrice employée visant à rigidifier le tronc et ainsi, minimiser la

douleur. Ainsi, il semble que la perception d'un stimulus pouvant entraîner une douleur lombaire soit suffisante pour entraîner des modifications dans le contrôle moteur.

Les résultats de cette étude fournissent des indices précieux dans la compréhension des adaptations neuromécaniques associées à la douleur lombaire aiguë. Cependant, afin d'améliorer notre compréhension du rôle de ces adaptations dans le passage à la chronicité et de pouvoir confirmer que les attentes sont suffisantes pour répliquer, du moins en partie, les adaptations causées par la douleur lombaire, ces résultats devront être reproduits dans des tâches et des conditions variées.

Les adaptations neuromécaniques, conséquence, mais également cause potentielle de la douleur chronique

Le recours à des stratégies motrices alternatives dans le but de minimiser la douleur suite à l'augmentation du niveau de peur et d'hypervigilance est cohérent au modèle de Vlaeyen (Vlaeyen et al., 1995) puisque ces modifications du contrôle moteur doivent être considérées comme des comportements d'appréhension-évitement. Sans que de solides preuves aient été établies pour l'instant afin de confirmer le lien de causalité entre ces comportements et le développement d'incapacités fonctionnelles, les données probantes disponibles à ce jour permettent de supposer que de nombreuses répercussions se manifesteront sur la santé physique de l'individu. L'augmentation de la rigidité du tronc résultant d'une plus grande activation des muscles superficiels lors

d'une tâche de flexion, telle qu'observée dans la présente étude, ou lors de mouvement de perturbation (Hodges et al., 2009) constitue une des causes potentielles à la base de ces hypothèses. En effet, la rigidité du tronc entraîne entre autres une augmentation de la pression appliquée à la colonne vertébrale (Marras et al., 2001; Marras et al., 2004). De plus, l'augmentation de l'activité des muscles superficiels du tronc occasionne une diminution de la nécessité d'utiliser les muscles profonds du tronc responsables d'ajustements précis dans le contrôle des articulations intervertébrales (Hodges et al., 2003). L'aspect dynamique dans le contrôle postural de la colonne vertébrale est donc remplacé par une stratégie réduisant la mobilité et du même coup, l'équilibre (Hodges et al., 2009). Étant donné l'accumulation de résultats convergents, de nombreuses études en sont venues à la conclusion qu'il est tout à fait plausible que les comportements d'appréhension-évitement représentent non seulement une cause de la douleur, mais qu'ils soient également responsables du maintien et de l'amplification de celle-ci (Hodges et al., 2009; Hodges, 2011; Hodges et al., 2003; Moseley et al., 2004).

Synthèse

Les données récoltées lors de l'étude en cours permettent d'ajouter aux preuves scientifiques indiquant que l'interprétation d'un stimulus pourrait, tel que proposé par Vlaeyen, entraîner des modifications dans le comportement moteur. Puisque les adaptations comportementales sont intimement liées au maintien et à l'amplification des symptômes douloureux, il devient clair que les capacités fonctionnelles de l'individu en

seront inévitablement affectées. Ainsi, quoique de nombreux aspects du modèle de «*fear-avoidance*» de Vlaeyen ne puissent pour l'instant être confirmés, il est possible de présumer qu'une interprétation plus ou moins négative d'un stimulus douloureux pourrait influencer directement le pronostic d'individus atteints de douleurs lombaires.

Implications cliniques

Au plan clinique, les résultats de la présente recherche nous amènent à nous questionner sur la gestion clinique des patients atteints de lombalgie aiguë et chronique. Tel que mentionné dans l'introduction, la plupart des sujets aux prises avec un épisode de lombalgie aiguë évolueront vers une récupération totale ou quasi-totale. Cependant, un certain nombre de ces patients verront leur condition se détériorer et évoluer vers une condition douloureuse chronique accompagnée de limitations importantes de leurs capacités fonctionnelles. Les revues systématiques les plus récentes sur le traitement de la lombalgie non-spécifique chronique indiquent que les approches multidisciplinaires et la thérapie cognitivo-comportementale comptent parmi les approches les plus efficaces (Koes, van Tulder, Lin, Macedo, McAuley et Maher, 2010). De plus, le maintien des activités courantes et l'identification des facteurs de risque psychologiques ont été identifiés comme des approches efficaces pour le traitement de la lombalgie non-spécifique aiguë (Koes et al., 2010). Nous ne pouvons évidemment pas émettre de

recommandations cliniques à partir de nos résultats, mais ces derniers viennent certainement souligner l'importance des facteurs psychologiques dans la stratégie motrice du tronc en présence de douleur. Les changements neuromécaniques découlant d'une modulation des facteurs psychologiques, tout comme ceux induits par la douleur expérimentale nous permettent d'apprécier la relation intime entre les composantes physiques et psychologiques associées à la lombalgie. Certaines approches cliniques sont principalement basée sur la modification des comportements moteurs et des attitudes face à la douleur lombaire aiguë (ex. thérapie cognitivo-comportementale). Il est possible que ce type d'intervention limite les adaptations neuromécaniques inadéquates du tronc. Puisque celles-ci sont étroitement liées au développement et au maintien de la douleur lombaire chronique, ce type d'intervention, si elle s'avérait efficace, permettrait de réduire le risque de développer une condition chronique.

CHAPITRE IV

CONCLUSION

Les résultats obtenus lors du présent projet de recherche indiquent que quoique les effets aient été limités, les attentes de douleur peuvent moduler les réponses neuromécaniques du tronc lors d'une tâche de flexion-extension chez des sujets sains. Ces résultats sont congruents avec ceux obtenus lors d'études précédentes et permettent ainsi de fournir des preuves supplémentaires pour appuyer l'hypothèse que la perception d'un stimulus douloureux entraîne des comportements d'appréhension-évitement. Même si ces comportements peuvent être adéquats en présence d'une douleur lombaire aiguë, leur persistance au-delà du processus de guérison pourrait mener au développement de douleurs chroniques. Étant donné ce constat, il devient primordial pour tous les professionnels de la santé œuvrant avec des individus aux prises avec des douleurs lombaires d'évaluer la prédisposition psychologique de leurs patients et de travailler à la réduction de la peur véhiculée. En effet, puisqu'une diminution de la peur du mouvement diminuerait le recours aux comportements d'appréhension-évitement, cela favoriserait le retour de patrons moteurs sains et le passage à la chronicité pourrait ainsi être limité. Puisque de nombreuses pistes laissent présager que les attentes de douleur pourraient avoir encore plus d'impact chez les individus aux prises avec des douleurs lombaires chroniques étant donné qu'ils témoignent d'une plus grande tendance à la réaction catastrophique et d'une plus grande peur de la douleur, il est concevable que

ces individus soient d'autant plus influençables. D'autres études devront être réalisées sur cette population afin d'améliorer notre compréhension des divers mécanismes responsables de la modulation des réponses à la douleur par les attentes afin de statuer sur cette hypothèse.

RÉFÉRENCES

- Arntz A et Claassens L (2004). The meaning of pain influences its experienced intensity. *Pain*, 109(1-2), 20-25.
- Assendelft WJ, Morton SC, Yu EI, Suttorp MJ et Shekelle PG (2003). Spinal manipulative therapy for low back pain. A meta-analysis of effectiveness relative to other therapies. *Annals of internal medicine*, 138(11), 871-881.
- Atlas LY, Bolger N, Lindquist MA et Wager TD (2010). Brain mediators of predictive cue effects on perceived pain. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 30(39), 12964-12977.
- Bair MJ, Robinson RL, Katon W et Kroenke K (2003). Depression and pain comorbidity: a literature review. *Archives of internal medicine*, 163(20), 2433-2445.
- Bingel U et Tracey I (2008). Imaging CNS modulation of pain in humans. *Physiology*, 23, 371-380.
- Boersma K et Linton SJ (2005). Screening to identify patients at risk: profiles of psychological risk factors for early intervention. *The Clinical journal of pain*, 21(1), 38-43; discussion 69-72.
- Borrell-Carrio F, Suchman AL et Epstein RM (2004). The biopsychosocial model 25 years later: principles, practice, and scientific inquiry. *Annals of family medicine*, 2(6), 576-582.
- Bortz WM, 2nd (1984). The disuse syndrome. *The Western journal of medicine*, 141(5), 691-694.
- Burden A (2010). How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(6), 1023-1035.
- Burton AK, Tillotson KM, Main CJ et Hollis S (1995). Psychosocial predictors of outcome in acute and subchronic low back trouble. *Spine*, 20(6), 722-728.
- Chaory K, Fayad F, Rannou F, Lefevre-Colau MM, Fermanian J, Revel M et Poiraudou S (2004). Validation of the French version of the fear avoidance belief questionnaire. *Spine*, 29(8), 908-913.

- Cholewicki J, Panjabi MM et Khachatryan A (1997). Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine*, 22(19), 2207-2212.
- Clarke J, van Tulder M, Blomberg S, de Vet H, van der Heijden G et Bronfort G (2006). Traction for low back pain with or without sciatica: an updated systematic review within the framework of the Cochrane collaboration. *Spine*, 31(14), 1591-1599.
- Colloca CJ et Hinrichs RN (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.
- Cook AJ, Brawer PA et Vowles KE (2006). The fear-avoidance model of chronic pain: validation and age analysis using structural equation modeling. *Pain*, 121(3), 195-206.
- Crombez G, Vlaeyen JW, Heuts PH et Lysens R (1999). Pain-related fear is more disabling than pain itself: evidence on the role of pain-related fear in chronic back pain disability. *Pain*, 80(1-2), 329-339.
- CSST (2009). Statistiques sur les affections vertébrales 2005-2008, Commission de la santé et de la sécurité au travail.
- Dagenais S, Caro J et Haldeman S (2008). A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, 8(1), 8-20.
- de Jong PJ, van Baast R, Arntz A et Merckelbach H (1996). The placebo effect in pain reduction: the influences of conditioning experiences and response expectancies. *International Journal of Behavioral Medicine*, 3(1), 14-29.
- De Pascalis V, Chiaradia C et Carotenuto E (2002). The contribution of suggestibility and expectation to placebo analgesia phenomenon in an experimental setting. *Pain*, 96, 393-402.
- Descarreaux M, Lafond D et Cantin V (2010). Changes in the flexion-relaxation response induced by hip extensor and erector spinae muscle fatigue. *BMC Musculoskeletal Disord*, 11, 112.
- Dubois JD, Piche M, Cantin V et Descarreaux M (2011). Effect of experimental low back pain on neuromuscular control of the trunk in healthy volunteers and

patients with chronic low back pain. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 21(5), 774-781.

Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK et Siegler S (1996). Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*, 21(1), 71-78.

Fransen M, Woodward M, Norton R, Coggan C, Dawe M et Sheridan N (2002). Risk factors associated with the transition from acute to chronic occupational back pain. *Spine*, 27(1), 92-98.

French DJ, Noël M, Vigneau F, Frech JA, Cyr CP et Evans RT (2005). L'Échelle de dramatisation face à la douleur PCS-CF Adaptation canadienne en langue française de l'échelle « Pain Catastrophizing Scale ». *Revue canadienne des sciences du comportement*, 37(3), 181-192.

Fritz JM, George SZ et Delitto A (2001). The role of fear-avoidance beliefs in acute low back pain: relationships with current and future disability and work status. *Pain*, 94(1), 7-15.

Furlan AD, Clarke J, Esmail R, Sinclair S, Irvin E et Bombardier C (2001). A critical review of reviews on the treatment of chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 26(7), E155-162.

Gallagher EJ, Liebman M et Bijur PE (2001). Prospective validation of clinically important changes in pain severity measured on a visual analog scale. *Annals of emergency medicine*, 38(6), 633-638.

Gauthier J et Bouchard S (1993). Adaptation canadienne-frangaise de la forme revisee du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Revue canadienne des sciences du comportement*, 25(4), 559-578.

Geisser ME, Haig AJ, Wallbom AS et Wiggert EA (2004). Pain-related fear, lumbar flexion, and dynamic EMG among persons with chronic musculoskeletal low back pain. *The Clinical journal of pain*, 20(2), 61-69.

Goffaux P, Redmond WJ, Rainville P et Marchand S (2007). Descending analgesia--when the spine echoes what the brain expects. *Pain*, 130(1-2), 137-143.

Hodges P, van den Hoorn W, Dawson A et Cholewicki J (2009). Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of biomechanics*, 42(1), 61-66.

- Hodges PW (2011). Pain and motor control: From the laboratory to rehabilitation. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 21(2), 220-228.
- Hodges PW et Moseley GL (2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 13(4), 361-370.
- Hodges PW, Moseley GL, Gabrielsson A et Gandevia SC (2003). Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation cerebrale*, 151(2), 262-271.
- Hodges PW et Richardson CA (1997). Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation cerebrale*, 114(2), 362-370.
- Hodges PW et Tucker K (2011). Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*, 152(3 Suppl), S90-98.
- Jensen MP et Karoly P (1992). Pain-specific beliefs, perceived symptom severity, and adjustment to chronic pain. *The Clinical journal of pain*, 8(2), 123-130.
- Kelly AM (2001). The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain. *Emergency medicine journal : EMJ*, 18(3), 205-207.
- Keltner JR, Furst A, Fan C, Redfern R, Inglis B et Fields HL (2006). Isolating the modulatory effect of expectation on pain transmission: a functional magnetic resonance imaging study. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 26(16), 4437-4443.
- Koes BW, van Tulder M, Lin CW, Macedo LG, McAuley J et Maher C (2010). An updated overview of clinical guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care. *European spine journal*, 19(12), 2075-2094.
- Lawrence DJ, Meeker W, Branson R, Bronfort G, Cates JR, Haas M, Haneline M, Micozzi M, Updyke W, Mootz R, Triano JJ et Hawk C (2008). Chiropractic management of low back pain and low back-related leg complaints: a literature

- synthesis. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 31(9), 659-674.
- Leeuw M, Goossens ME, Linton SJ, Crombez G, Boersma K et Vlaeyen JW (2007). The fear-avoidance model of musculoskeletal pain: current state of scientific evidence. *Journal of behavioral medicine*, 30(1), 77-94.
- Linton SJ (2000). A review of psychological risk factors in back and neck pain. *Spine*, 25(9), 1148-1156.
- Lorenz J, Minoshima S et Casey KL (2003). Keeping pain out of mind: the role of the dorsolateral prefrontal cortex in pain modulation. *Brain : a journal of neurology*, 126(Pt 5), 1079-1091.
- Marras WS, Davis KG, Ferguson SA, Lucas BR et Gupta P (2001). Spine loading characteristics of patients with low back pain compared with asymptomatic individuals. *Spine*, 26(23), 2566-2574.
- Marras WS, Ferguson SA, Burr D, Davis KG et Gupta P (2004). Spine loading in patients with low back pain during asymmetric lifting exertions. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*, 4(1), 64-75.
- Morley S, Eccleston C et Williams A (1999). Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of cognitive behaviour therapy and behaviour therapy for chronic pain in adults, excluding headache. *Pain*, 80(1-2), 1-13.
- Moseley GL, Nicholas MK et Hodges PW (2004). Does anticipation of back pain predispose to back trouble? *Brain : a journal of neurology*, 127, 2339-2347.
- Owens EF, Jr., Gudavalli MR et Wilder DG (2011). Paraspinal muscle function assessed with the flexion-relaxation ratio at baseline in a population of patients with back-related leg pain. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 34(9), 594-601.
- Pfingsten M, Leibing E, Harter W, Kroner-Herwig B, Hempel D, Kronshage U et Hildebrandt J (2001). Fear-avoidance behavior and anticipation of pain in patients with chronic low back pain: a randomized controlled study. *Pain medicine*, 2(4), 259-266.
- Rajala U, Keinanen-Kiukaanniemi S, Uusimaki A et Kivela SL (1995). Musculoskeletal pains and depression in a middle-aged Finnish population. *Pain*, 61(3), 451-457.

- Rush AJ, Polatin P et Gatchel RJ (2000). Depression and chronic low back pain: establishing priorities in treatment. *Spine*, 25(20), 2566-2571.
- Salkovskis PM et Clark DM (1990). Affective responses to hyperventilation: a test of the cognitive model of panic. *Behaviour research and therapy*, 28(1), 51-61.
- Sawamoto N, Honda M, Okada T, Hanakawa T, Kanda M, Fukuyama H, Konishi J et Shibasaki H (2000). Expectation of pain enhances responses to nonpainful somatosensory stimulation in the anterior cingulate cortex and parietal operculum/posterior insula: an event-related functional magnetic resonance imaging study. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 20(19), 7438-7445.
- Severeijns R, van den Hout MA et Vlaeyen JW (2005). The causal status of pain catastrophizing: an experimental test with healthy participants. *European journal of pain*, 9(3), 257-265.
- Severeijns R, van den Hout MA, Vlaeyen JW et Picavet HS (2002). Pain catastrophizing and general health status in a large Dutch community sample. *Pain*, 99(1-2), 367-376.
- Severeijns R, Vlaeyen JW, van den Hout MA et Weber WE (2001). Pain catastrophizing predicts pain intensity, disability, and psychological distress independent of the level of physical impairment. *The Clinical journal of pain*, 17(2), 165-172.
- Stewart-Williams S et Podd J (2004). The placebo effect: dissolving the expectancy versus conditioning debate. *Psychol Bull*, 130(2), 324-340.
- Sullivan MJ et Bishop SR (1995). The Pain Catastrophizing Scale: Development and Validation. *Psychological Assessment*, 7(4), 524-532.
- Todd KH, Funk KG, Funk JP et Bonacci R (1996). Clinical significance of reported changes in pain severity. *Annals of emergency medicine*, 27(4), 485-489.
- Truchon M (2001). Determinants of chronic disability related to low back pain: towards an integrative biopsychosocial model. *Disability and rehabilitation*, 23(17), 758-767.
- Turner JA, Jensen MP, Warmis CA et Cardenas DD (2002). Catastrophizing is associated with pain intensity, psychological distress, and pain-related disability among individuals with chronic pain after spinal cord injury. *Pain*, 98(1-2), 127-134.

- van Tulder M, Koes B et Bombardier C (2002). Low back pain. *Best practice & research. Clinical rheumatology*, 16(5), 761-775.
- Vlaeyen JW, Kole-Snijders AM, Boeren RG et van Eek H (1995). Fear of movement/(re)injury in chronic low back pain and its relation to behavioral performance. *Pain*, 62(3), 363-372.
- Vlaeyen JW et Linton SJ (2000). Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. *Pain*, 85(3), 317-332.
- Vogler D, Paillex R, Norberg M, de Goumoens P et Cabri J (2008). [Cross-cultural validation of the Oswestry disability index in French]. *Annales de readaptation et de medecine physique : revue scientifique de la Societe francaise de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique*, 51(5), 379-385.
- Voudouris NJ, Peck CL et Coleman G (1990). The role of conditioning and verbal expectancy in the placebo response. *Pain*, 43(1), 121-128.
- Waddell G (1996). Low back pain: a twentieth century health care enigma. *Spine (Phila Pa 1976)*, 21(24), 2820-2825.
- Wang CK, Hah JM et Carroll I (2009). Factors contributing to pain chronicity. *Current Pain and Headache Reports*, 13(1), 7-11.
- Wideman TH, Adams H et Sullivan MJ (2009). A prospective sequential analysis of the fear-avoidance model of pain. *Pain*, 145(1-2), 45-51.
- Wiech K et Tracey I (2009). The influence of negative emotions on pain: behavioral effects and neural mechanisms. *NeuroImage*, 47(3), 987-994.
- Woby SR, Watson PJ, Roach NK et Urmston M (2004). Are changes in fear-avoidance beliefs, catastrophizing, and appraisals of control, predictive of changes in chronic low back pain and disability? *European journal of pain*, 8(3), 201-210.
- Woods MP et Asmundson GJ (2008). Evaluating the efficacy of graded in vivo exposure for the treatment of fear in patients with chronic back pain: a randomized controlled clinical trial. *Pain*, 136(3), 271-280.
- Zedka M, Prochazka A, Knight B, Gillard D et Gauthier M (1999). Voluntary and reflex control of human back muscles during induced pain. *The Journal of physiology*, 520 Pt 2, 591-604.