



Université  
de Liège

**UNIVERSITE DE LIEGE**

**Faculté de Médecine**

**Département des Sciences de la Motricité**

Promoteur : Professeur M. VANDERTHOMMEN

# Contribution à l'évaluation et à la rééducation de la fonction musculaire du sujet lombalgique chronique

**Christophe DEMOULIN**

*Licencié en Kinésithérapie et Réadaptation*

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade  
*de Docteur en Kinésithérapie et Réadaptation*

---

**Année académique 2007-2008**

*Je dédie ce travail à mon épouse, Françoise, et à mon fils, Arthur,  
pour leurs nombreux sacrifices durant ces derniers mois  
et pour leur soutien tout au long de cette thèse.*

*Je dédie également cette thèse à mes parents,  
sans qui je ne serais pas où j'en suis aujourd'hui.*

# Remerciements

*Mes premières pensées vont au Professeur Marc Vanderthommen qui m'a fait confiance, guidé, encouragé et conseillé, tout en me laissant une grande liberté. Sa disponibilité, sa rigueur scientifique et son souci du détail m'impressionneront toujours. Quel plaisir de travailler aux côtés d'un chercheur et ami aussi sympathique !*

*Bien qu'ayant un agenda très chargé, le Professeur Jean-Michel Crielaard m'a consacré de nombreuses heures. Merci pour ses précieux conseils et pour m'avoir fait bénéficier de son esprit de synthèse exceptionnel.*

*Je tiens à remercier le Professeur Jean-Louis Croisier qui m'a fait profiter de sa grande expérience et compétence en matière d'élaboration de protocole, d'interprétation des résultats et de rédaction d'articles.*

*Ma gratitude s'adresse également aux Professeurs Thierry Bury, Marc Cloes, Marguerite Foidart, Yves Henrotin, Maryse Hoebeke et Henri Nielens pour leur disponibilité, leur dynamisme et leur enthousiasme.*

*Pour l'honneur qu'ils me font d'apporter leur critique à ce travail, je remercie tous les membres du jury.*

*Les résultats présentés sont le fruit d'un travail d'équipe. J'ai pris beaucoup de plaisir à collaborer avec tous les intervenants motivés et sympathiques de l'Ecole du Dos du CHU de Liège (par ordre alphabétique) : Brigitte, Cindy, Geoffrey, Irène, Isabelle,*

*Marco, Michel, Pierre-René, Robert, Stéphanie, Vincent, Yannick. J'adresse un merci tout particulier à Stéphanie Grosdent pour son implication dans de nombreuses études (passées, et futures je l'espère) et au Dr Marco Tomasella pour sa disponibilité et ses conseils judicieux.*

*Toute ma reconnaissance à mes collègues et amis Boris, Didier, François, Isabelle, Sébastien et Cédric pour leurs encouragements, leurs conseils et leurs fréquents coups de main (statistiques, aide informatique, remplacements, conseils, ...).*

*J'associe à ces remerciements le Dr Geneviève Mahieu et Patrick Feiereisen pour leur gentillesse, leur amitié et le temps qu'ils m'ont consacré.*

*Merci au Dr Poriau (Sijsele) d'avoir mis à ma disposition du matériel et à Didier Koch (CHR Citadelle) pour sa participation à nos travaux de recherche.*

*Pour leur assistance aussi bien matérielle que morale, je remercie chaudement Annie, Ida et Marie-Claire qui m'ont permis de réaliser cette thèse dans de bonnes conditions. Une pensée particulière pour Annie Depaifve qui m'a consacré tant d'heures (pour des « petits trucs à faire à l'urgence ») et a répondu à tant de mes questions avec sa bonne humeur et sa compétence légendaires.*

*J'adresse toute ma gratitude à Mesdames Seidel et Donneau du Service de Biostatistique pour leurs conseils.*

*Merci à tous les étudiants (Anne-Catherine, Laurent, Delphine S., Geoffrey, Cécile, Elodie, Isabelle, Nicolas, Christel, Aline, Pierre-Alexis, Delphine D., Lucile, Gabriel, Sophie et Charles) qui ont contribué à ce travail en me confiant la supervision de leur mémoire.*

*Je remercie profondément les personnes qui ont accepté de se soumettre à toutes nos expérimentations.*

*Last but not least, un tout grand merci à tous les membres de ma famille, de ma belle-famille et à tous mes amis qui ont contribué de près ou de loin (traductions, orthographe, dessins, recherches d'articles, babysitting, aide informatique...) à l'aboutissement de ce travail et qui m'ont soutenu depuis le début.*

# Table des matières

<b>I. INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>II. LOMBALGIE : ETAT DE LA QUESTION</b>	<b>3</b>
<b>II.1. DEFINITION</b>	<b>3</b>
<b>II.2. EPIDEMIOLOGIE ET REPERCUSSIONS SOCIO-ECONOMIQUES</b>	<b>5</b>
<b>II.3. FACTEURS DE RISQUES</b>	<b>7</b>
<b>II.3.1. Facteurs de risque de survenue des lombalgies</b>	<b>7</b>
II.3.1.1. Facteurs personnels	7
II.3.1.2. Facteurs de pénibilité physique au travail et en dehors du travail	10
II.3.1.3. Facteurs psychosociaux au travail	11
<b>II.3.2. Facteurs de risque du passage à la chronicité</b>	<b>12</b>
<b>II.4. PHYSIOPATHOLOGIE</b>	<b>13</b>
<b>II.5. APPROCHE THERAPEUTIQUE</b>	<b>17</b>
<b>II.5.1. Prise en charge médicamenteuse</b>	<b>17</b>
<b>II.5.2. Prise en charge non médicamenteuse</b>	<b>18</b>
II.5.2.1. Traitements passifs	18
II.5.2.2. Traitements éducatifs et cognitivo-comportementaux	20
II.5.2.3. Traitements actifs	21
II.5.2.4. Programmes pluridisciplinaires	22
<b>II.5.3. Traitements invasifs</b>	<b>23</b>
<b>II.6. LA MUSCULATURE SPINALE LOMBAIRE</b>	<b>26</b>
<b>II.6.1. Les muscles intersegmentaires</b>	<b>27</b>
<b>II.6.2. Les muscles multisegmentaires</b>	<b>28</b>
<b>II.6.3. Autres muscles influençant la mobilité ou la stabilité du rachis lombaire</b>	<b>30</b>

<b>III. CONTRIBUTION PERSONNELLE</b>	<b>31</b>
<b>III.1. EVALUATION DES PERFORMANCES MUSCULAIRES RACHIDIENNES</b>	<b>32</b>
<b>III.1.1. Etape 1 : Revue de la littérature – Analyse critique</b>	<b>33</b>
III.1.1.1. Tests non-dynamométriques	33
III.1.1.2. Tests dynamométriques analytiques	34
III.1.1.3. Tests dynamométriques fonctionnels	38
III.1.1.4. Conclusions	40
<b>III.1.2. Etape 2 : Analyse comparative – Sujets sains</b>	<b>41</b>
III.1.2.1. Objectifs	41
III.1.2.2. Matériel et méthodes	41
III.1.2.3. Résultats	47
III.1.2.4. Discussion	49
III.1.2.5. Conclusions	51
<b>III.1.3. Etape 3 : Etude de reproductibilité – Sujets lombalgiques</b>	<b>52</b>
III.1.3.1. Objectifs	52
III.1.3.2. Matériel et méthodes	52
III.1.3.3. Résultats	54
III.1.3.4. Discussion	55
III.1.3.5. Conclusions	57
<b>III.1.4. Etape 4 : Etude des contraintes cardiovasculaires</b>	<b>58</b>
III.1.4.1. Objectifs	58
III.1.4.2. Matériel et méthodes	58
III.1.4.3. Résultats	60
III.1.4.4. Discussion	63
III.1.4.5. Conclusions	65

<b>III.1.5. Etape 5 : Validation des tests</b>	<b>66</b>
III.1.5.1. Objectifs	66
III.1.5.2. Matériel et méthodes	66
III.1.5.3. Résultats	71
III.1.5.4. Discussion	74
III.1.5.5. Conclusions	77
<b>III.1.6. Conclusions du chapitre III.1</b>	<b>78</b>
<b>III.2. PERFORMANCES PHYSIQUES DU SUJET LOMBALGIQUE CHRONIQUE</b>	<b>79</b>
<b>III.2.1. Introduction</b>	<b>79</b>
<b>III.2.2. Objectifs</b>	<b>81</b>
<b>III.2.3. Matériel et méthodes</b>	<b>81</b>
III.2.3.1. Population	81
III.2.3.2. Protocole expérimental	82
III.2.3.3. Analyse statistique	86
<b>III.2.4. Résultats</b>	<b>87</b>
III.2.4.1. Force des muscles du tronc	87
III.2.4.2. Endurance des muscles du tronc	91
III.2.4.3. Force des membres inférieurs	93
III.2.4.4. Résistance musculaire à la fatigue des membres inférieurs	94
III.2.4.5. Endurance cardio-respiratoire	95
III.2.4.6. Synthèse des résultats	95
<b>III.2.5. Discussion</b>	<b>96</b>
<b>III.2.6. Conclusions du chapitre III.2</b>	<b>101</b>

	<b>PAGE</b>
<b>III.3. ASPECTS CLINIQUES</b>	<b>102</b>
<b>III.3.1. Introduction</b>	<b>102</b>
<b>III.3.2. Objectifs</b>	<b>103</b>
<b>III.3.3. Matériel et méthodes</b>	<b>103</b>
III.3.3.1. Population	103
III.3.3.1.1. Etude prospective	103
III.3.3.1.2. Etude rétrospective	105
III.3.3.2. Protocole expérimental	107
III.3.3.2.1. Evaluation	107
III.3.3.2.2. Ecole du Dos	111
III.3.3.2.3. Reconditionnement physique	112
III.3.3.3. Analyse statistique	114
<b>III.3.4. Résultats</b>	<b>115</b>
III.3.4.1. Groupe témoin	115
III.3.4.2. Groupe expérimental	115
III.3.4.2.1. Etude prospective	115
III.3.4.2.2. Etude rétrospective	123
III.3.4.2.3. Etude corrélative	128
<b>III.3.5. Discussion</b>	<b>129</b>
<b>III.3.6. Conclusions du chapitre III.3</b>	<b>139</b>
<b>IV. DISCUSSION GENERALE</b>	<b>140</b>
<b>V. CONCLUSIONS GENERALES</b>	<b>150</b>
<b>VI. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>153</b>
<b>VII. ANNEXES</b>	<b>178</b>
<b>Annexe 1</b> : Questionnaire téléphonique (étude rétrospective)	<b>179</b>
<b>Annexe 2</b> : Questionnaire cognitif	<b>180</b>

# Abréviations & Symboles

<b>%</b>	pour cent	<b>LBC</b>	lombalgique chronique
<b>°</b>	degré	<b>LF</b>	latérofléchisseurs
<b>°.s<sup>-1</sup></b>	degré par seconde	<b>m</b>	moyenne
<b>*</b>	différence significative	<b>max</b>	maximum
<b>Test 50%FMV</b>	test d'endurance statique nécessitant le maintien d'une force correspondant à 50% de la FMV	<b>min</b>	minute
<b>A/D</b>	anxiété/dépression	<b>MFM</b>	moment de force maximale
<b>AINS</b>	anti-inflammatoire non stéroïdien	<b>mmHg</b>	millimètre de mercure
<b>AVQ</b>	activités de la vie quotidienne	<b>n</b>	nombre de sujets
<b>bpm</b>	battements par minute	<b>NMDA</b>	N-méthyl-D-aspartate
<b>CCI</b>	coefficient de corrélation intraclasse	<b>N.m</b>	newton-mètre
<b>CHU</b>	Centre Hospitalier Universitaire	<b>N.m.kg<sup>-1</sup></b>	newton-mètre par kilogramme de poids corporel
<b>CFE</b>	Centre Fédéral d'Expertise	<b>NOP</b>	non-opéré
<b>cm</b>	centimètre	<b>NS</b>	non significatif
<b>COST B13</b>	European Cooperation in the field of Scientific and Technical research (Low back pain: guidelines for its management)	<b>OP</b>	opéré
<b>CT65%</b>	puissance développée à la FC65%	<b>p</b>	« <i>p-value</i> »
<b>CV</b>	coefficient de variation	<b>PA</b>	pression artérielle
<b>DDS</b>	distance doigt-sol	<b>PAD</b>	pression artérielle diastolique
<b>ED</b>	école du dos	<b>PAS</b>	pression artérielle systolique
<b>EIFEL</b>	Echelle d'Incapacité Fonctionnelle pour l'Evaluation des Lombalgiques	<b>P-T</b>	parcours-test
<b>EMG</b>	électromyographie	<b>QC</b>	questionnaire cognitif
<b>ET</b>	écart-type	<b>r</b>	coefficient de corrélation
<b>EVA</b>	échelle visuelle analogique	<b>rep</b>	répétitions
<b>Ext</b>	extenseurs	<b>RMF</b>	résistance musculaire à la fatigue
<b>F</b>	sujets féminins	<b>RP</b>	reconditionnement physique
<b>FC</b>	fréquence cardiaque	<b>rpm</b>	rotations par minute
<b>FC65%</b>	fréquence cardiaque correspondant à 65% de la FC maximale théorique	<b>Rot</b>	rotateurs
<b>FI</b>	fléchisseurs	<b>S1</b>	première séance
<b>FMV</b>	force maximale volontaire	<b>S18</b>	18 <sup>ème</sup> séance
<b>H</b>	sujets masculins	<b>S36</b>	36 <sup>ème</sup> séance
<b>Hz</b>	hertz	<b>S contrôle</b>	séance contrôle
<b>I-J</b>	ischio-jambiers	<b>s</b>	seconde
<b>IL</b>	interleukine	<b>Soc</b>	relations sociales
<b>IMC</b>	indice de masse corporelle	<b>TDM</b>	tomodensitométrie
<b>INAMI</b>	Institut National d'Assurance Maladie-Invalidité	<b>TENS</b>	Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation
<b>IRM</b>	imagerie par résonance magnétique	<b>T/L</b>	travail/loisirs
<b>J</b>	joule	<b>TSK</b>	Tampa Scale of Kinesiophobia
<b>J.kg<sup>-1</sup></b>	joule par kilogramme de poids corporel	<b>u.a.</b>	unité arbitraire
<b>kg</b>	kilogramme	<b>VO<sub>2</sub> max</b>	consommation maximale d'oxygène
		<b>vs</b>	versus
		<b>W</b>	watt
		<b>W.kg<sup>-1</sup></b>	watt par kilogramme

# I. INTRODUCTION GENERALE

---

La lombalgie constitue une affection fréquente de la population adulte des pays industrialisés. Les médias parlent souvent de « mal de dos, mal du siècle ». Les études épidémiologiques révèlent en effet que la majorité des individus souffriront un jour du dos. La lombalgie présente généralement une évolution naturelle favorable. Les répercussions socio-économiques majeures associées aux douleurs lombaires, et qui conduisent certains à employer le terme de « fléau socioéconomique », résultent des lombalgies persistant plus de 3 mois (lombalgies chroniques) qui affectent pourtant moins de 10% des lombalgiques mais dont le traitement constitue un défi considérable pour le monde médical et la société.

En Belgique, l'INAMI a récemment sollicité le Centre Fédéral d'Expertise afin d'établir un état des lieux sur l'évaluation et le traitement de la lombalgie chronique. Cette étude confirme les répercussions importantes qui y sont liées et qui auraient coûté en 2004 environ 100 millions d'Euros de coûts directs médicaux et environ un milliard d'Euros en tenant compte des coûts indirects (indemnités journalières, pensions d'invalidité, pertes de production et pertes d'opportunité d'emploi,...). Ce rapport souligne l'aspect lacunaire relatif à l'épidémiologie des lombalgies en Belgique de même que l'impossibilité de préciser l'origine anatomique et les mécanismes en cause dans la majorité des lombalgies communes.

Compte tenu du vieillissement de la population et de l'augmentation de la prévalence des lombalgies avec l'âge (jusqu'à 45-50 ans), les Services de Santé Publique de nombreux pays se sont fixés pour objectifs de réduire la fréquence et la gravité du mal de dos et en particulier des lombalgies chroniques invalidantes et génératrices de désinsertion sociale.

Ces observations ont motivé notre recherche relative à l'évaluation et la revalidation de la lombalgie chronique. En effet, malgré une littérature scientifique abondante, ce sujet reste méconnu et parfois même controversé.

Après avoir précisé **l'état de la question** (chapitre II), notre **contribution personnelle** (chapitre III) concerne l'évaluation et la rééducation musculaire du lombalgique chronique. Notre contribution comporte trois parties :

La **première partie** sera destinée à la sélection des tests les plus adéquats, reproductibles et valides pour évaluer les muscles extenseurs du tronc.

La **seconde partie** appréciera l'ampleur du déconditionnement physique du sujet lombalgique chronique tout en précisant son caractère global ou local.

La **troisième partie** examinera l'efficacité d'un programme de révalidation multidisciplinaire chez les patients lombalgiques chroniques.

Lors de la **discussion générale** (chapitre IV), nous établirons des recommandations relatives à l'évaluation et au traitement des lombalgiques chroniques.

## II. LOMBALGIE : ETAT DE LA QUESTION

---

### II.1. DEFINITION

La lombalgie définit « une **douleur** lombo-sacrée à hauteur des crêtes iliaques ou plus basse, médiane ou latéralisée avec possibilités d'irradiations ne dépassant pas le genou mais avec prédominance des douleurs lombosacrées » [165]. Pour appréhender au mieux cette définition, il convient de rappeler celle de la douleur proposée par l'International Association for the Study of Pain : « la **douleur** est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable liée à des lésions tissulaires réelles ou potentielles, ou décrites en des termes évoquant de telles lésions » [509]. Ceci illustre bien le caractère subjectif, pluridimensionnel (sensoriel et émotionnel) et complexe (en acceptant l'absence de corrélation entre l'intensité de la perception douloureuse et la gravité lésionnelle) de la douleur.

Une anamnèse et un examen clinique rigoureux permettent classiquement de différencier les lombalgies non spécifiques des lombalgies spécifiques associées à plusieurs signaux d'alerte (« red flags ») tels que des douleurs croissantes, principalement nocturnes, une raideur matinale de plus d'une heure, un traumatisme, ... [277,434]. Ces lombalgies spécifiques peuvent être révélatrices d'une maladie grave sous-jacente [4,598]. Les principales causes sont : infectieuses, viscérales, tumorales, inflammatoires, post-traumatiques récentes (fracture), métaboliques, mécaniques ou statiques (cyphose supérieure à 50°, scoliose supérieure à 35°,...) [4].

Les lombalgies non spécifiques, appelées « communes », représentent plus de 90% des cas [95,535,753]. Elles ne constituent pas une entité pathologique mais bien un symptôme pouvant répondre à la souffrance mécanique de structures rachidiennes et périrachidiennes diverses [327]. Leurs origines résultent dans des proportions variables de phénomènes dégénératifs concernant une ou plusieurs structures anatomiques (articulations interapophysaires postérieures, disques intervertébraux, ligaments, muscles) et de leurs conséquences lésionnelles (pincement discal, ostéophytose, arthrose interapophysaire postérieure,...) [235].

En terme de durée d'évolution, on parle généralement de lombalgie chronique en présence de douleurs persistant depuis plus de 3 mois [54], sub-aiguë en cas de douleurs d'une durée

comprise entre 6 et 12 semaines, et aiguë si la douleur n'excède pas 6 semaines [598,734]. Une classification quelque peu différente a été proposée par la « Québec Task Force » et les auteurs Anglo-saxons. Elle distingue des symptômes douloureux présents depuis moins de 7 jours (stade aigu), depuis une durée comprise entre 7 jours et 7 semaines (stade subaigu), et supérieure à 7 semaines (stade chronique) [675]. Contrairement à l'idée répandue, la lombalgie aiguë ne s'attache donc pas à l'intensité des symptômes.

La lombalgie aiguë constitue une affection bénigne dans 90-95% des cas [54,110]. Une diminution rapide de la douleur et une amélioration fonctionnelle sont généralement observées dans le mois suivant l'épisode douloureux [110,568], sans pour autant supprimer toute sensation nociceptive [115]. D'autre part, 68% à 86% des personnes en arrêt de travail suite à un lumbago, auront repris leur activité habituelle avant la quatrième semaine [568], bien que cette reprise ne signifie pas nécessairement la disparition des symptômes douloureux [726].

La lombalgie aiguë évolue vers une forme chronique dans moins de 10% des cas [211,724]. Cette forme chronique de l'affection sera souvent associée à une altération de la qualité de vie, un déconditionnement physique, un isolement social et professionnel et des modifications comportementales [409]. La faible probabilité de reprise professionnelle de ces patients diminue avec le temps pour devenir quasiment nulle après 2 ans d'inactivité professionnelle [675]. La présence de ces signes et symptômes évoquera un « syndrome de douleur chronique », actuellement reconnu comme une entité nosologique spécifique [218]. Le monde médical attache une particulière attention à ce syndrome, responsable de l'essentiel du poids social et économique des lombalgies [209,390].

## II.2. EPIDEMIOLOGIE ET REPERCUSSIONS SOCIO-ECONOMIQUES

La prévalence élevée mais variable des lombalgies s'explique par la diversité des populations étudiées (tranche d'âge, nationalité...) et la méthodologie utilisée.

Une étude épidémiologique sur près de 4000 adultes belges a révélé qu'un tiers de l'échantillon souffrait de lombalgies au moment de l'enquête, 5% d'entre eux souffrant du dos pour la première fois. Un peu plus d'un quart de la population rapportait des antécédents de lombalgies mais ne souffrait pas au moment de l'enquête et 41% des sujets n'avaient jamais souffert de lombalgies [659].

Ces données seront confirmées en 2001 par une étude menée sur 1624 Belges âgés de 17 à 91 ans : 24% rapportaient la présence d'une lombalgie aiguë ou de douleurs chroniques le jour de l'enquête tandis que 42% des sujets signalaient de tels épisodes douloureux au cours des 6 mois précédant l'enquête [30].

Des enquêtes menées par interview en 1997, 2001 et 2004 sur une population d'environ 10.000 Belges (lors de chacune de ces études) âgés de 25 ans et plus, ont révélé que 10-11% des sujets (tant masculins que féminins) souffraient du dos de façon chronique [140,141].

Afin de mieux appréhender le problème de la lombalgie chronique, une étude épidémiologique, menée par le Centre Fédéral d'Expertise (CFE) à la demande de l'INAMI, a examiné l'année 2004 [548]. Ce travail souligne le caractère lacunaire des données relatives à la prévalence et aux répercussions des lombalgies dans notre pays. Pour les soins de première ligne, cette étude n'a pu se baser que sur une banque de données issues d'un échantillon de médecins généralistes en Flandres (« projet INTEGGO »). Respectivement 25% et 21% de patients féminins et masculins ont à un moment donné consulté leur généraliste pour des lombalgies et en 2004, 5% des patients bénéficiaient d'un suivi médical pour des maux de dos [548]. En 2004, les lumbago constituaient en Belgique la 4<sup>ème</sup> cause d'hospitalisations « classiques » (d'une durée moyenne de 6 jours) et les lombalgies ont occasionné plus de 85.000 séjours en hôpital (45.000 en hôpital de jour) [548]. L'incidence annuelle de consultations chez un généraliste pour des lombalgies atteint 51,4/1000 : un généraliste, assurant en moyenne 1.000 consultations par an, diagnostique en moyenne un nouveau cas de lombalgie par semaine [548]. Le « projet INTEGGO » ne distingue malheureusement pas le caractère aigu ou chronique des lombalgies [548].

Par ailleurs, environ 50% des lombalgiques ne consultent pas le corps médical [292], et environ une lombalgie sur 5 entraîne un arrêt de travail [292].

Le rapport du CFE démontre que contrairement aux idées reçues, la prévalence des lombalgies reste stable au fil du temps [548]. De telles observations ont également été rapportées en Finlande [273]. Cependant, les conséquences économiques et sociales de la lombalgie semblent s'accroître ces dernières années [60].

Les études épidémiologiques internationales précisent que les prévalences vie entière, annuelle et instantanée atteignent respectivement 49-85% [17,82,292] 15-45% [17,292,572] et 19% [292] en population générale.

Le taux de récurrence varie, selon les auteurs, de 20 à 44% [1] voire même 73% [568] durant l'année qui suit un premier épisode douloureux.

L'épidémiologie de la lombalgie dans le milieu de travail a également fait l'objet de nombreuses études. En Belgique, l'étude longitudinale Belcoback, menée entre 2000 et 2003, rapporte une incidence des lombalgies (persistant au moins 7 jours consécutifs) atteignant 12,6% pendant la première année de suivi de près de 1000 travailleurs [731].

La prévalence des lombalgies communes apparaît significative chez l'enfant mais surtout chez l'adolescent, celle-ci devenant proche de celle de l'adulte [23,512,696]. Une étude portant sur plus de 2000 enfants de 11-12 ans et de 15-16 ans, rapporte que plus de 20% d'entre eux souffrent du dos au moins une fois par semaine [380]. Diverses lombalgies permanentes et récurrentes ont également été décrites chez près de 8% des adolescents [631,746]. Dans leur étude longitudinale de 5 ans, Burton et al. rapportent une incidence annuelle qui croît de 12% à 12 ans à 21,5% à l'âge de 15 ans [74].

Les coûts médicaux directs (liés au diagnostic et au traitement) représentent 10 à 30% des coûts totaux [172,440,452,735]. Les coûts indirects résultent des coûts associés à l'absentéisme (indemnités journalières, pensions d'invalidité, pertes de production) et/ou des coûts liés à une perte d'opportunité d'emploi [172,609,720,735]. En Belgique (2004), les lombalgies chroniques auraient coûté entre 270 millions et 1.6 milliards d'Euros en tenant compte de ces coûts indirects [548].

## II.3. FACTEURS DE RISQUE

### II.3.1. Facteurs de risque de survenue des lombalgies

De nombreuses études ont tenté d'identifier les facteurs de risque de la lombalgie afin d'envisager diverses mesures de prévention visant à les réduire [71,603,625]. La difficulté majeure réside dans l'intrication de ces facteurs. Ainsi, des modèles multifactoriels, basés sur la compréhension biopsychosociale, sont maintenant préférés pour prédire l'apparition de nouveaux épisodes de lombalgie ou le passage à la chronicité [423,573,642]. Burdorf et Sorrock ont inventorié de manière exhaustive les facteurs de risque des lombalgies évoqués dans la littérature scientifique entre 1980 et 1996. Cette publication, faisant autorité, identifie trois groupes de facteurs de risque [71] :

#### II.3.1.1. Les facteurs personnels

Certains facteurs personnels ne sont pas modifiables et ne pourront jamais faire l'objet d'une quelconque action préventive.

- Le sexe : la prévalence apparaît majorée chez les sujets féminins [71,639]. Un comportement face à la douleur différent selon le sexe constitue une hypothèse explicative [422]. Inversement, d'autres études ne rapportent aucune différence intersexuelle [249,400,413].
- L'âge : la fréquence de la lombalgie augmente avec l'âge [474], jusqu'à 45-50 ans environ, puis se stabilise et même décroît légèrement [71,137]. L'association entre ces paramètres demeure néanmoins hypothétique pour certains auteurs [71].
- Les facteurs anthropométriques : l'association entre le poids et la taille d'une part, et la lombalgie d'autre part demeure controversée [71,505]. Un indice de masse corporelle supérieur à 25 pourrait aggraver les lombalgies mineures et augmenter le risque de passage à la chronicité [401]. Certaines études suggèrent une corrélation entre la longueur du tronc et le risque de lombalgie [3,274].
- Les caractéristiques psychologiques : le type de personnalité [50,196], une tendance dépressive et l'anxiété [423,687,688] pourraient favoriser l'apparition et l'évolution défavorable des lombalgies.

■ L'hygiène de vie :

- Consommation de tabac : une association entre le tabagisme et la lombalgie a été évoquée par plusieurs auteurs mais elle ne s'exprime pas systématiquement [57,71,402,703]. Celle-ci résulterait de troubles de la circulation à la périphérie du disque, d'une réduction de la synthèse des protéoglycanes ou du pH discal. L'augmentation de la pression discale (induite par la toux du fumeur) et la déminéralisation osseuse (responsable de micro-fractures) constituent d'autres hypothèses explicatives [624].
- Pratique d'une activité physique et sportive : les individus qui pratiquent une activité physique 3 à 4 fois par semaine ont moins de chance de souffrir du dos [389]. De même, les prévalences vie entière et annuelle seraient plus faibles chez des sujets pratiquant une activité physique régulière comparativement aux sédentaires [264]. La pratique d'activité physique à l'adolescence réduit le risque de lombalgies récurrentes à l'âge adulte [511]. Une faible, voire une absence de relation entre l'activité physique et la lombalgie a néanmoins été rapportée dans d'autres études [307]. La pratique d'un sport de haut niveau pourrait entraîner un risque accru de lombalgie [624]

■ Le niveau d'éducation : les individus détenteurs d'un diplôme supérieur présentent moins de risque de lombalgies [389]. Ces résultats confirment des conclusions évoquées antérieurement [71,659].

■ Les antécédents lombalgiques : ils constituent le facteur de risque le plus puissant pour prédire l'occurrence d'un nouvel épisode douloureux [109,183,281]. Certaines publications indiquent que 70-80% des sujets souffrant pour la première fois d'une lombalgie présentent au moins une récurrence dans les 12 mois [365] et 31% des patients rechutent dans la seconde année suivant un premier épisode aigu [710].

■ La grossesse : au cours de cette période, la prévalence des lombalgies avoisine 50% et augmente en cas d'antécédents de lombalgie [59,518].

■ Les prédispositions génétiques : une prédisposition familiale liée au processus dégénératif discal a été démontrée [71,481,602,655]. L'étude de jumeaux homo et dizygotes a permis de confirmer une influence génétique sur le risque de développement de lombalgies (coefficient d'héritabilité atteignant ~30-40%) [28,280].

■ Les facteurs physiques :

- La fonction musculaire

**L'endurance statique des muscles extenseurs** du tronc serait prédictive de l'apparition d'une lombalgie chez les sujets masculins [38]. Cette relation a été confirmée [3,9,257,658], mais les paramètres électromyographiques (EMG) reflétant la fatigue musculaire constitueraient un facteur plus déterminant que le simple temps de maintien [459,679].

La relation entre la **force des muscles extenseurs** et l'apparition des lombalgies demeure controversée [3,38,222,383,530].

Une faible endurance des **muscles fléchisseurs** du tronc pourrait également constituer un facteur de risque de lombalgies [330,630], contrairement au paramètre force [186,406,539] ou force-vitesse. A titre d'exemple, le nombre maximum de répétitions (abdominaux) réalisé en 30 secondes n'est pas corrélé à la survenue de lombalgie [511].

Alors qu'un **ratio ext/fl** du tronc réduit [406] et une faible **endurance des quadriceps** [363,679] semblent également constituer un facteur de risque, la **capacité cardio-respiratoire** ne semble pas associée à l'occurrence d'épisodes douloureux [383]

- La mobilité/flexibilité

Une diminution de la souplesse sagittale et frontale lombaire [3,330,382,630] ainsi qu'une raideur des ischio-jambiers [179,186,313,330,630] et des quadriceps [186] sont régulièrement considérées comme des facteurs de risque mais ne sont pas retrouvées de manière systématique [27,186,511].

- Les dysfonctions du système de stabilisation fonctionnelle de la colonne

L'instabilité clinique constituerait une source potentielle de lésions et de dysfonctions lombaires et un facteur de risque de l'apparition et/ou de la récurrence de lombalgies [91,286]. L'instabilité se définit comme «une diminution significative de la capacité du système de stabilisation de la colonne à maintenir les zones neutres intervertébrales dans les limites physiologiques afin de prévenir une dysfonction neurologique, une déformation et une douleur invalidante» [561]. Une telle instabilité peut résulter d'un déficit d'une des trois composantes du système de stabilisation : lésion disco-ligamentaire, faiblesse/fatigue musculaire [560] ou modifications sensorimotrices [92,93,146,295,560,588,768]. Actuellement, l'attention se porte sur la fonction stabilisatrice de certains muscles du tronc (multifide, transverse de l'abdomen) dont l'activité anticipative et protectrice serait détériorée chez le lombalgique chronique [146,295].

Une récente revue de littérature confirme le caractère variable voire spéculatif de l'influence des facteurs physiques sur les lombalgies et conclut en l'absence actuelle d'évidence scientifique [258].

### **III.3.1.2. Les facteurs de pénibilité physique au travail et en dehors du travail**

Certaines professions apparaissent plus exposées que d'autres en raison de leurs contraintes mécaniques accrues [21,627]. Les facteurs de risque régulièrement relevés dans la littérature sont :

- Le port et la manipulation de charges [71,274,730] : de tous les facteurs de risque, professionnels et non professionnels, le port et la manipulation des charges lourdes, généralement associés aux lombalgies, constituent les facteurs les plus étudiés.
- Les postures statiques : les positions statiques prolongées contrarient l'équilibre nutritif du disque et par conséquent sa résistance à long terme aux stress mécaniques [303]. Un risque accru de lombalgie a été objectivé chez les travailleurs ne pouvant modifier leur position [731].
- Les vibrations du corps entier : la littérature démontre une association entre la lombalgie et l'exposition aux vibrations globales du corps (ex : conduite de véhicules de chantier,...) [24,71,421,582]. Les « affections de la colonne lombaire associées à des lésions dégénératives précoces provoquées par une exposition significative à des vibrations mécaniques transmises au corps par le siège » font d'ailleurs partie de la liste des maladies professionnelles. Les lésions discales [647] et les modifications des caractéristiques élastiques du disque [482] résulteraient de l'étirement et du tassement successifs des disques lors de chaque cycle de la vibration. D'autre part, les vibrations peuvent occasionner des contacts réguliers plus ou moins importants entre les facettes articulaires et engendrer une fatigue des muscles spinaux et une réduction de leur capacité de stabilisation [674,752].
- Les mouvements d'inclinaison et de torsion : la combinaison de la flexion et de la rotation exposerait l'anneau fibreux du disque intervertébral à des lésions [182,354,711] et constituerait un facteur de risque de lombalgie [71,305,731]. Rappelons la structure anatomique de cet anneau fibreux, constitué d'une trentaine de lamelles disposées concentriquement et composées de faisceaux de fibres de collagène. Ces faisceaux présentent une orientation oblique, inverse d'une couche lamellaire à l'autre [593] ; dans ces conditions, un mouvement combiné de flexion et de rotation lombaire engendre une contrainte maximale au niveau de l'anneau fibreux [163].

### III.3.1.3. Les facteurs psychosociaux au travail

De nombreuses études évoquent ces divers facteurs de risque [50,133,268] parmi lesquels on retrouve :

- Le manque de reconnaissance et de soutien social [39,100,306]
- L'absence de latitude décisionnelle [71,100]
- L'insécurité de l'emploi [100].
- La monotonie de tâches à cadence soutenue [24,71].
- L'insatisfaction professionnelle: l'importance de ce facteur de risque demeure controversée [21,100,687] suite notamment au caractère complexe de cette variable.

### II.3.2. Facteurs de risque du passage à la chronicité

Le passage à la chronicité de la lombalgie aiguë semble être influencé par de nombreux facteurs qui peuvent être intriqués et qui relèvent plus du comportement individuel, de l'environnement et de l'influence du quotidien social et psychologique du patient que de réelles caractéristiques médicales. Le modèle bio-psycho-social suggère que l'évolution vers le stade chronique résulte de la douleur elle-même, mais aussi de facteurs psychologiques et sociaux [759].

Ces facteurs psychosociaux et ces comportements, qualifiés de « Yellow flags », devront être systématiquement recherchés afin d'identifier les lombalgiques présentant un risque élevé de chronicité et, en conséquence, d'adapter leur prise en charge thérapeutique [73,538].

Ces facteurs de risque sont [199,277,423,573] :

- Psychologiques : la détresse psychologique a été évoquée [62] mais demeure controversée [381].
- Cognitifs : des représentations et attitudes inappropriées (dramatisation du diagnostic, fausses « croyances », kinésiophobie...) [233] peuvent être liées à une prise en charge inadéquate (message non rassurant, prescription de repos strict au lieu d'encourager le patient à rester aussi actif que possible,...) [112].
- Professionnels : insatisfaction,... [771].
- Personnels : un faible niveau d'éducation diminue les opportunités de changer/trouver du travail [62].
- Mécolégaux : les compensations pécuniaires exercent une influence négative sur la durée de l'indisponibilité [633].

## II.4. PHYSIOPATHOLOGIE

Malgré les évidents progrès de la recherche médicale, établir un diagnostic anatomique précis d'une lombalgie non spécifique demeure difficile, voire impossible dans la majorité des cas en raison notamment de leur complexité et de leur caractère plurifactoriel, impliquant notamment des facteurs psychosociaux et comportementaux [159].

Divers nocicepteurs (situés au niveau des fibres externes de l'anneau fibreux, des capsules articulaires, du ligament longitudinal postérieur, des muscles,...) peuvent, suite à une lésion tissulaire, être à l'origine de phénomènes douloureux [87,387] :

- Les disques intervertébraux semblent constituer la structure la plus fréquemment impliquée dans les douleurs vertébrales bien que l'existence d'une corrélation directe entre la dégénérescence discale et la lombalgie demeure controversée [53]. Ils sont constitués d'un annulus (anneau fibreux) et d'un nucleus pulposus (noyau central contenant 70% d'eau en raison des protéoglycanes présentes) [593,610]. Leur apport nutritif est assuré par le phénomène de diffusion résultant de leurs propriétés osmotiques au travers des plaques cartilagineuses. Le nucleus pulposus n'est pas innervé, mais une innervation principalement périphérique de l'annulus a été décrite dès 1947 [322].

La dégénérescence discale entraîne un phénomène de déshydratation progressif du nucleus (résultant de la diminution du contenu en protéoglycanes) provoquant une altération de ses facultés mécaniques. Il en résulte une diminution de la hauteur du disque qui peut être associée à l'apparition d'ostéophytes, à une fragmentation du nucleus et à une fissuration de l'anneau fibreux [593,610] suite à des sollicitations mécaniques trop importantes ou répétées [2].

Dans les disques dégénérés, une augmentation des IL1 (cytokines disposant de propriétés cataboliques), et une activation de divers médiateurs de l'inflammation peuvent résulter de stimuli extérieurs [64,72,161,556,610,628].

Les cytokines proinflammatoires contribueraient aux douleurs d'origine discale en sensibilisant les nocicepteurs et favoriseraient la dégénération discale en inhibant la synthèse des protéoglycanes [64,766].

La présence d'une néo-vascularisation et d'une néo-innervation nociceptive au niveau des déchirures annulaires pourrait également être à l'origine de douleurs [201].

- Les articulations inter-apophysaires postérieures. Ces articulations, de type arthroïde [450], réagissent aux microtraumatismes et à l'inflammation en engendrant douleurs, raideurs, dysfonctions et spasmes musculaires secondaires [450]. Elles peuvent être le siège de processus dégénératifs (arthrose) et présenter des ostéophytes et un pincement articulaire [105]. Dans la majorité des cas, l'arthrose résulte des phénomènes dégénératifs du disque [212]. L'importance de ces phénomènes arthrosiques n'apparaît toutefois pas liée à la symptomatologie clinique [448]. Une injection de solution saline hypertonique ou de produits de contraste dans les articulations de sujets sains déclenche des douleurs similaires à celles rapportées par les lombalgiques [493]. Une étude récente, incluant uniquement des patients souffrant de douleurs zygoapophysaires, a mis en évidence l'efficacité algofonctionnelle d'infiltrations articulaires inter-apophysaires ou des branches médianes du rameau dorsal [447]. La présence de neuropeptides algogènes (Substance P et Calcitonin Gene Related Peptide) dans les articulaires postérieures et les tissus périarticulaires confirment la participation de ces structures dans la genèse et/ou l'entretien de douleurs lombaires [86,766]. La capsule articulaire serait également à l'origine de ces douleurs [85].
  
- Les ligaments postérieurs pourraient provoquer des douleurs lombaires suite à diverses déformations et distensions liées aux flexions répétées ou excessives du rachis [185,499]. Le ligament ilio-lombaire pourrait être lésé suite à une mobilité excessive de L5 [414].  
Des études complémentaires s'avèrent nécessaires afin de confirmer ces observations.
  
- Les muscles : contrairement à la lombalgie aiguë, souvent associée à une contracture réflexe des muscles paravertébraux, la lombalgie chronique serait apparentée à une atrophie de la musculature [144]. Des récepteurs nociceptifs sensibles à divers stimuli mécaniques (pression, étirements...) ont été localisés au niveau musculaire [766]. Des douleurs musculaires peuvent apparaître suite au maintien prolongé de positions entraînant une augmentation de la pression intramusculaire et une réduction de l'apport sanguin [372].
  
- Les articulations sacro-iliaques seraient également à la base de certaines lombalgies communes chroniques [449]. D'ailleurs, l'infiltration sacro-iliaque d'anesthésiques locaux engendre une amélioration de la symptomatologie chez 15-30% des lombalgiques chroniques [441,643].

La classification des lombalgies sur base de critères anato-pathologiques demeure difficile. Une origine discale semble être impliquée dans 26 à 50% des cas [47,449,645] ; une origine facettaire serait impliquée dans 15 à 40% des cas [449,644].

L'évolution vers la lombalgie chronique est complexe et influencée par des facteurs physiologiques, psychologiques et psychosociaux. La persistance du stimulus nocif et la réaction inflammatoire qu'il déclenche engendrent diverses adaptations périphériques et centrales du système nerveux [101,766,779]. Cette plasticité neuronale intervient dans les mécanismes d'amplification et de chronicité de la douleur [101,779] en déclenchant notamment un état de sensibilisation des terminaisons des afférences nociceptives (allodynie) plus ou moins réversible [779]. La sensibilisation s'explique notamment par l'abaissement du seuil d'activation des récepteurs périphériques, une latence diminuée et l'augmentation de la fréquence de décharge des potentiels d'action, provoquant une augmentation de l'intensité algique [779].

Une stimulation persistante contribue également à l'activation des récepteurs N-méthyl-D-aspartate (NMDA) de la corne postérieure de la moelle entraînant une sensibilisation de divers neurones médullaires et favorisant ainsi le maintien de la douleur [779]. Une réorganisation corticale fonctionnelle des systèmes somatosensoriel et moteur a été décrite chez les patients LBC [197,198].

Les études récentes comparant des sujets sains et lombalgiques chroniques ont également mis en évidence des modifications biochimiques cérébrales (diminution du N-acétylaspartate, glucose dans le cortex préfrontal dorsolatéral) chez les patients douloureux. Une relation entre ces substances et les mesures de douleur et d'anxiété a été décrite [238].

Des étiologies spécifiques peuvent également expliquer les douleurs lombaires :

- Le spondylolisthésis se définit par un glissement en avant de l'entière ou d'une partie d'une vertèbre par rapport à la vertèbre sous-jacente. Le spondylolisthésis sur lyse isthmique (spondylolyse), le plus fréquent, s'explique par la répétition de contraintes au niveau de l'isthme (fracture de fatigue), généralement associées à une hyperlordose lombaire [228]. La majorité des spondylolisthésis demeurent cependant asymptomatiques [168]. Duquesnoy n'observe pas une prévalence accrue de spondylolisthésis dans une population de sujets lombalgiques comparativement à un groupe contrôle [167].

- La scoliose structurale définit une déviation du rachis dans le plan frontal associée à une rotation des vertèbres. Les scolioses idiopathiques constituent les scolioses structurales les plus fréquentes. Le risque de lombalgie semble inexistant si l'angle de Cobb est inférieur à 10° [548,725].
- La maladie de Scheuerman (ostéochondrose vertébrale). Lorsqu'elle affecte le rachis lombaire, elle peut occasionner des discopathies et des phénomènes arthrosiques douloureux [187,433]. Le plus souvent, cette maladie atteint le rachis dorsal [432], entraînant une hypercyphose séquellaire.
- Une sténose du canal lombaire s'accompagne généralement d'une claudication neurogène intermittente sensitivomotrice, de radiculalgies de repos et d'effort. Elle peut être associée à une hypertrophie articulaire et des ligaments jaunes, d'un spondylolisthésis ou d'une scoliose importante [164].

## II.5. APPROCHE THERAPEUTIQUE

Diverses approches thérapeutiques ont été proposées dans le cadre de la prise en charge de la lombalgie chronique. Afin de proposer un traitement optimal, de nombreux groupes d'experts ont parcouru la littérature afin d'établir des recommandations en se basant sur l'évidence scientifique plutôt que l'utilisation empirique de certains traitements. Parmi ceux-ci figurent un groupe d'experts européens réunis par la Direction générale de Recherche de la Commission européenne dans le cadre de l'action COST (Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) B13 dénommée « Low back pain : guidelines for its management » [7] puis par le Centre Fédéral d'Expertise belge (CFE) [548]. L'état des lieux présenté dans ce chapitre s'inspire de ces deux approches consensuelles et scientifiques.

### II.5.1. Prise en charge médicamenteuse

Parmi les médicaments fréquemment utilisés pour soulager les lombalgies, se démarquent les antalgiques (de classe 1 (paracétamol), classe 2 (opioïdes faibles : tramadol, tramadol associé au paracétamol ou tramadol combiné à la codéïne) et classe 3 (opioïdes forts : morphine, fentanyl,...)), les anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS), les myorelaxants et les antidépresseurs [548].

- Les antalgiques de classe 1 et 2 permettent généralement de soulager efficacement les lombalgies aiguës. En cas de lombalgie chronique, l'efficacité du paracétamol n'est pas démontrée [548]. Il n'existe aucune preuve formelle de l'efficacité des opioïdes faibles en termes de douleur et de handicap [548] ; par ailleurs, certains effets secondaires conduisent parfois à l'interruption du traitement [548]. Les morphiniques (classe 3) agissent directement au niveau de la corne postérieure de la moelle en bloquant la libération des neurotransmetteurs (SP) et en créant une hyperpolarisation post-synaptique [640] ; ce traitement n'est pas recommandé [548,641]. En effet, si certains bénéfices sont observés à court terme, les effets à long terme ne sont pas démontrés [477], et il existe de nombreux effets secondaires dont un risque de dépendance physique et psychique [96,477,640].
- Les AINS demeurent couramment prescrits en cas de lombalgie chronique [444,548] malgré leurs effets secondaires et un faible niveau de preuve de leur efficacité antalgique comparativement au placebo et au paracétamol [548].

- Les bénéfices des myorelaxants (benzodiazépines (diazepam, tetrazepam) et non-benzodiazépines (cyclobenzaprine, tolperisone,...)) demeurent controversés, excepté pour le tetrazepam qui présente des effets positifs à court terme sur les douleurs et éventuellement sur les spasmes musculaires [548]. Leur utilisation restera néanmoins prudente en raison d'éventuels effets secondaires (sommolence, vertige, dépendance,...) [277,444,548].
- L'effet antalgique des antidépresseurs tricycliques noradrénergiques (inhibition de la recapture de la noradrénaline) et noradrénergiques-sérotoninergiques a été souligné en présence d'une lombalgie chronique [277,548] ; par contre, les inhibiteurs de recapture sélectifs de la sérotonine (fluoxétine) ne semblent pas diminuer la douleur [548].

Le rapport du CFE souligne le manque d'études randomisées et contrôlées, et l'utilisation empirique de certaines médications dans la pratique quotidienne.

Bien qu'un traitement médicamenteux s'avère bénéfique, la prise en charge des lombalgies chroniques doit également intégrer une approche éducative, rééducative et parfois comportementale.

## **II.5.2. Prise en charge non-médicamenteuse**

La prise en charge non-médicamenteuse du patient lombalgique chronique comporte les soins dits passifs, actifs, éducatifs, cognitivo-comportementaux et multidisciplinaires.

### **II.5.2.1. Traitements passifs**

Le massage : cette technique recherche des effets antalgique, décontracturant, proprioceptif, trophique et aussi relationnel [6,321]. Bien qu'elle soit souvent appréciée et parfois réclamée au kinésithérapeute, ses effets antalgiques ne sont que de courte durée. Aucune étude randomisée et contrôlée n'a mis en évidence les bénéfices de cette manœuvre chez les lombalgiques chroniques [4,534,548,571].

La balnéothérapie : elle comprend des massages manuels ou à l'aide de jets, de la relaxation et des exercices en immersion partielle ou quasi-totale [548]. Elle bénéficie de l'effet portant de l'immersion et des effets antalgiques apportés par la chaleur [373]. Bien que ses effets bénéfiques aient été mis en évidence chez des lombalgiques chroniques de plus de 60 ans [534], l'efficacité de la balnéothérapie n'est pas clairement démontrée [6,548].

La physiothérapie : de nombreuses modalités sont décrites dans la littérature, dont les courants antalgiques (TENS, endorphiniques, interférentiels), les ionisations, les ondes mécaniques (ultrasons), les ondes électromagnétiques (ondes courtes, laser, infrarouge), la thermo/cryo thérapie [548,578]. Parmi ces techniques, les courants antalgiques ont été les plus étudiés. Une revue récente de la littérature conclut, conformément aux rapports précédents [66,513], en l'efficacité limitée et controversée du TENS [358].

En conclusion, différents groupes d'experts recommandent de ne pas utiliser la physiothérapie qui n'a que peu ou pas fait preuve de son efficacité dans le traitement de la lombalgie chronique [7,548].

Les lombostats/corsets : l'intérêt de ces supports lombaires pour prévenir la récurrence de lombalgie n'a pas été démontrée [6,277]. De plus, ils pourraient engendrer des effets indésirés (lésions cutanées, atrophie musculaire, modification des mécanismes proprioceptifs et protection illusoire...) [548].

Les tractions : elles ne sont pas efficaces en terme d'amélioration algofonctionnelle [99,220], et peuvent entraîner des effets secondaires (augmentation de la pression artérielle et contraintes respiratoires) [220,277,548].

Les mobilisations et manipulations : pourtant très différentes, leur distinction n'est pas aisée dans la majorité des études [277]. Bien que plus efficace qu'un placebo, cette prise en charge ne semble pas apporter des bénéfices supérieurs à ceux observés lors d'un traitement plus conventionnel (AINS ou école du dos,...) [65,548]. Des études, examinant la validité et les risques de ces techniques [648], demeurent nécessaires [548]. Les experts du COST B13 concluent que ces manœuvres peuvent constituer un adjuvant thérapeutique pour les lombalgies communes chroniques [548].

Le biofeedback : cette technique, consistant à réduire le tonus de muscles paravertébraux, ne présente pas d'intérêt dans la lombalgie chronique [548].

En conclusion, l'application exclusive des traitements passifs doit être évitée.

### II.5.2.2. Traitements éducatifs et cognitivo-comportementaux

Les interventions éducatives brèves : il peut s'agir d'un simple entretien avec un professionnel de la santé (médecin, kinésithérapeute,...) qui encourage le patient à rester aussi actif que possible, qui l'invite à poursuivre et/ou reprendre une activité physique régulière, à se prendre en charge, et à corriger ses croyances erronées [7]. Ces interventions comportent également de petits livrets éducatifs [692], la participation à des groupes de discussion,... Des informations basées sur le modèle bio-psycho-social permettent de modifier les croyances des patients et limiter ainsi leur kinésiophobie [278].

La littérature relate une évidence modérée concernant l'efficacité de ces interventions en termes de réduction du handicap et de l'absentéisme au travail tandis que l'intensité douloureuse ne semble pas modifiée [69,548].

Les Ecoles du Dos : elles se sont développées en Scandinavie dans les années 1970 [317] et comportaient initialement quelques séances basées exclusivement sur une composante cognitive (anatomie, physiologie, biomécanique, étiopathogénie du rachis,...) associée à l'apprentissage de l'économie rachidienne [548]. Ces écoles se sont ensuite développées dans le reste du monde, notamment au Canada et aux USA, et ont été associées à d'autres composantes (cognitivo-comportementale, psychologique, physique) [256,483]. Cette structure éducative, basée sur un enseignement didactique théorique et pratique des principes d'hygiène vertébrale, se réalise en groupe (généralement 5 à 12 personnes). Toutes les Ecoles du Dos se basent sur ce même concept, mais il existe des divergences au niveau des modalités d'organisation (nombre, durée, fréquence des séances) et du programme [282]. Ces divergences expliquent l'efficacité variable des Ecoles du Dos [69]. D'après les experts du COST B13, cette prise en charge améliore le statut algofonctionnel à court terme [277] mais son efficacité à plus long terme reste à démontrer.

La thérapie cognitivo-comportementale : elle identifie, analyse et modifie les attitudes et représentations des patients ainsi que leurs comportements douloureux [217,277,548]. Une thérapie de « désensibilisation », agissant au moyen de mises en situation et d'expositions graduées aux situations anxigènes, semble particulièrement efficace [427], surtout au niveau de la kinésiophobie [69]. Le COST B13 recommande l'approche cognitivo-comportementale [277], qui semble plus efficace qu'une absence de traitement [548], mais qui devrait être associée à des exercices actifs [548].

### II.5.2.3. Traitements actifs

Actuellement, on recommande aux patients de rester aussi actifs que possible et surtout d'éviter le repos en décubitus, même en cas de lombalgie aiguë [251,548,755] ; rappelons qu'un alitement prolongé favorise l'atrophie musculaire, une ankylose, une diminution de la densité osseuse et, par conséquent, peut entraîner le développement d'une invalidité chronique [446,548,755].

#### Méthodes à dominante purement biomécanique

- Les exercices de gymnastique en cyphose (dite de Williams) reposent sur le maintien d'une posture en cyphose (de façon à réduire la pression sur la partie postérieure des disques et soulager les articulations inter-apophysaires) associé à un renforcement de la sangle abdominale [123,770]. Cette technique doit être abandonnée [6] en raison de son efficacité inférieure à d'autres traitements [581].
- La technique de McKenzie propose une gymnastique en lordose ou hyperlordose afin d'empêcher le recul des fragments de disque et d'éviter un étirement excessif des structures musculo-aponévrotiques postérieures [501]. Dans le cas de lombalgies aiguës, la technique de McKenzie s'avère plus efficace que le traitement passif [438]. Néanmoins, l'évidence scientifique trop limitée ne permet pas de recommander cette méthode dans le cadre de la lombalgie chronique [438].

La stabilisation lombaire : dérivée des exercices de verrouillage du segment lombaire en lordose physiologique [709], elle consiste à maintenir une co-contraction du muscle transverse de l'abdomen et du multifide, en position neutre, progressivement intégrée dans des positions et des exercices de plus en plus complexes et fonctionnels [146].

Le bénéfice de programmes de stabilisation lombaire pour les lombalgiques, et particulièrement pour ceux présentant des signes d'instabilité, a été démontré [146]. Ces prises en charge visent une reprogrammation sensori-motrice des muscles stabilisateurs de la colonne afin d'améliorer leur potentiel, leur temps de réponse et de compenser le système passif de stabilisation [146].

Deux articles consacrés à l'efficacité des exercices de stabilisation, concluent qu'ils permettent une diminution des scores algofonctionnels de lombalgiques chroniques, et qu'ils diminuent le risque de récurrence après une lombalgie aiguë [189,587].

Le reconditionnement physique : les lombalgies chroniques présenteraient un syndrome de déconditionnement physique résultant de leur inactivité physique causée par la douleur [488]. Ce type de prise en charge se base ainsi sur la réalisation d'une activité physique contrôlée conduisant à la reprise des efforts. Elle comporte généralement 4 composantes : l'amélioration de la fonction cardio-respiratoire sur ergomètre (tapis roulant, bicyclette ergométrique, step, rameur...), l'augmentation de la force et de l'endurance de la musculature axiale (de façon instrumentalisée ou non) ainsi que de la mobilité articulaire. Les paramètres optimaux de tels programmes (type d'exercices, fréquence, intensité et durée des séances, durée du programme...) n'ont pas encore pu être établis [277,548]. Les séances collectives constituent une option attractive [277]. En cas de lombalgie chronique ou récidivante, l'efficacité à court et moyen terme des programmes d'exercices et de reconditionnement physique sur le statut algofonctionnel a été soulignée [7,548,669] alors que l'évidence scientifique relative aux effets à long terme reste faible à modérée [548].

#### **II.5.2.4. Programmes pluridisciplinaires**

Ces programmes se basent sur une prise en charge biopsychosociale [277] nécessitant l'intervention de plusieurs professionnels de la santé d'origines et/ou de compétences différentes (spécialiste en Médecine Physique, kinésithérapeute, ergonomiste, ergothérapeute, psychologue) [166,548]. Cette approche multidimensionnelle agit sur les composantes physiques, psychologiques, affectives et socioprofessionnelles.

Le contenu de cette prise en charge est très varié [277,548]. Certains centres proposent un programme intensif, généralement dénommé « programme de restauration fonctionnelle », nécessitant une hospitalisation de quelques semaines [216,577] ; d'autres privilégient des programmes ambulatoires de quelques heures par semaine mais de plus longue durée [338,392]. Dans tous les cas, les objectifs sont définis au terme d'une évaluation initiale et recherchent une éducation à l'économie rachidienne, le respect des principes d'ergonomie (concept de l'Ecole du Dos), une meilleure gestion de la douleur, une amélioration fonctionnelle et la réinsertion sociale [548]. De tels programmes sont recommandés dans le cas de lombalgies rebelles aux traitements classiques en raison de leur efficacité supérieure aux traitements conventionnels [216,277,548].

### II.5.3. Traitements invasifs

Cette prise en charge sera uniquement envisagée après échec du traitement conservateur, excepté en présence d'urgences médicales (hernie discale engendrant un déficit neurologique, sciatalgie hyperalgique résistant aux dérivés morphiniques, syndrome de la queue de cheval,...) [600].

Les traitements invasifs du rachis lombaire comportent deux catégories :

#### Les actes non-chirurgicaux [58,548]

- les infiltrations : la littérature décrit les infiltrations épidurales (caudale, interlaminaire ou foraminale), intra-articulaires, ligamentaires (au niveau de l'insertion des ligaments iliolumbaires ou interépineux), sacro-iliaques, ou au niveau de points gâchettes [548]. Il s'agit généralement d'injections de corticostéroïdes (pour inhiber la synthèse de prostaglandines et la synthèse et l'action de neuropeptides [765]), associées ou non à un anesthésique local pour neutraliser une composante inflammatoire importante [548]. Les experts rapportent une évidence scientifique faible à très faible concernant l'efficacité et l'innocuité de ces techniques [277,548].
- l'acupuncture : les effets demeurent controversés dans le cas de la lombalgie chronique [548]. Certaines études rapportent des effets à court terme tandis que d'autres ne mettent en évidence aucun bénéfice supplémentaire par rapport à d'autres traitements passifs [548].
- les techniques de dénervation : la littérature décrit la dénervation facettaire par radiofréquence percutanée (également connue sous le nom de rhizolyse des facettes articulaires, thermocoagulation facettaire ou par radiofréquence) [447], la neurotomie par radiofréquence de la sacro-iliaque et par radiofréquence sur le ganglion spinal [548]. Actuellement, l'efficacité de ces techniques demeure controversée [548].
- les techniques thermiques intradiscales. On distingue les techniques de radiofréquence intradiscale, qui dénaturent les fibres de collagène de l'annulus et détruisent les terminaisons nerveuses de la partie externe de l'annulus (indiquées dans les lombalgies discogéniques et les conflits discoradiculaires) [593], et divers traitements thermiques de décompression [593].
- les chémonucléolyses. Basées sur l'injection de chymopapaïne dans le disque intervertébral afin de le déshydrater et réduire le volume de la hernie discale, elles semblent actuellement moins utilisées [225].

- les techniques de consolidation vertébrale. La vertébroplastie percutanée et la cyphoplastie par ballonnets sont proposées dans le cadre du traitement symptomatique des douleurs consécutives à un ou plusieurs tassements ou à une fracture vertébrale d'origine ostéoporotique. Elles sont basées sur l'injection percutanée de ciment acrylique afin de consolider la vertèbre et de restaurer (partiellement) la hauteur du corps vertébral [157,259,701,701].
- la transplantation de cellules discales demeure toujours au stade expérimental [781]

La majorité de ces techniques, proposées pour des indications très limitées, n'ont guère été validées. Leur efficacité, les éventuels effets délétères et complications potentielles demeurant méconnus [548], de telles interventions doivent être envisagées avec prudence et seront réservées à des cas particuliers [58,225,548,781].

### Les actes chirurgicaux

La prise en charge chirurgicale du rachis lombaire sans déficit neurologique constitue une alternative de dernier recours, réservée aux patients pour lesquels une thérapeutique conservatrice préalable et bien conduite n'entraîne pas d'amélioration [95,429]. En cas de sciatique par hernie discale, un délai de minimum 6 semaines entre le début des symptômes et l'intervention est fréquemment retenu en raison de l'amélioration généralement observée [302]. Ce délai ne devra néanmoins pas être trop long afin d'éviter la chronicisation de la douleur. Ces précautions résultent des nombreuses controverses quant à leur efficacité à long terme [156] (persistance de lombalgies ou de sciatalgies) [58,204] et des risques postopératoires : fibrose, infection discale, ... [75,204,229,594,611].

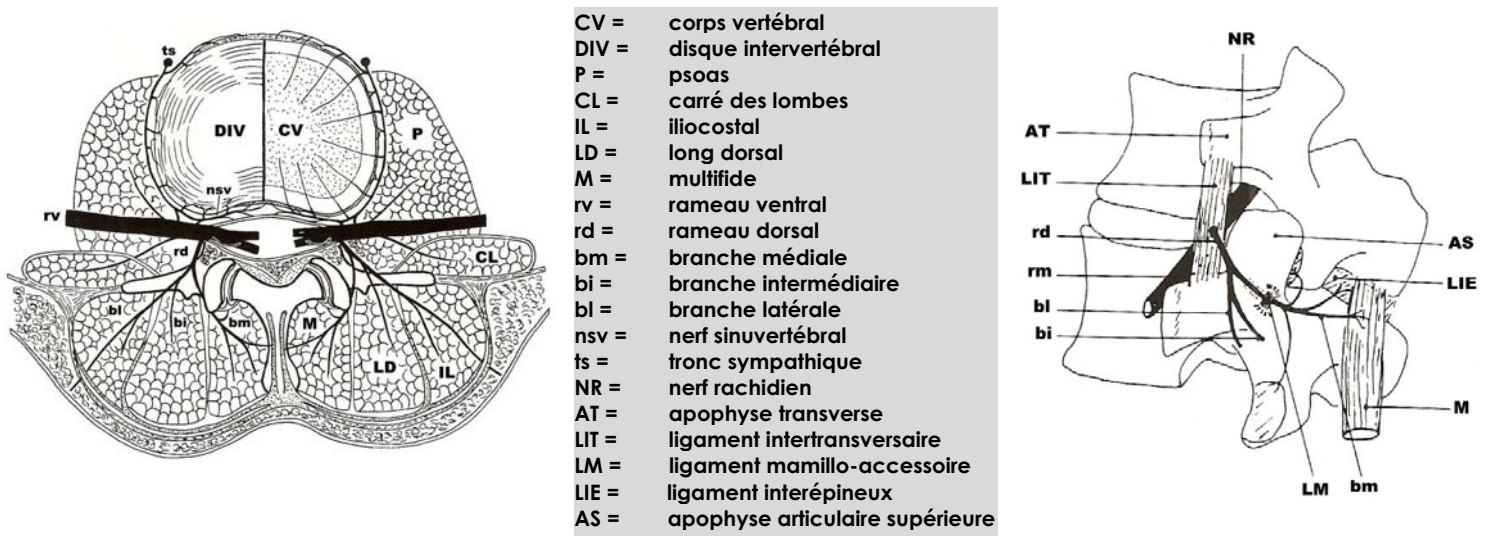
Les facteurs prédictifs du succès chirurgical n'ont pas été clairement identifiés [463]. La kinésiophobie du patient et ses faibles attentes de résultat en pré-opératoire semblent prédictifs de l'importance algique et de l'incapacité fonctionnelle mesurées 6 mois après l'intervention [154].

- La chirurgie discale classique (discectomie éventuellement associée à une laminectomie) se caractérise par de bons résultats à court terme [156,462,583]. Grâce aux avancées technologiques, la chirurgie discale a évolué vers des interventions « mini-invasives » (microdiscectomie par voie endoscopique permettant de visualiser la racine à décompresser) entraînant une diminution de la taille de l'incision, de la réaction inflammatoire musculaire et ligamentaire, et de la durée d'hospitalisation [20,549].

- Les indications principales de l'arthrodèse [283] sont l'instabilité vertébrale, le spondylolisthesis dégénératif et sur lyse isthmique entraînant des symptômes majeurs, un syndrome facettaire et la dégénérescence discale afin de diminuer les contraintes discales [635,661]. Leur nombre a augmenté de manière exponentielle ces dernières années [234] (7000 interventions pratiquées en Belgique en 2004 [548]) bien que leur efficacité, non supérieure à celle de traitements non invasifs, soit remise en question pour le rachis lombaire dégénératif sans signe radiculaire [68,76,180,224,548]. Les experts du CFE soulignent l'absence de preuve scientifique quant à leur efficacité [548] et le risque de complications [180]. Ces interventions devraient se limiter à deux niveaux maximum (afin de ne pas compromettre la mobilité et accentuer les contraintes sur les segments adjacents) et être proposées en dernière intention, plus de 2 ans après d'autres traitements [277].
- Le traitement des sténoses canalaires comporte des techniques chirurgicales décompressives (laminectomie, facetectomie, fenestration) dont les résultats semblent satisfaisants [767]. Une arthrodèse peut être associée afin de limiter l'instabilité vertébrale.
- L'efficacité des prothèses nucléaire et discale a été démontrée [399]. Les indications restent très limitées, à savoir des sujets jeunes présentant une souffrance discale dégénérative localisée à un seul niveau sans atteinte de l'arc postérieur. Les risques et complications encourus restent actuellement incertains [548]. Le développement récent de cette technique n'autorise pas une analyse critique à long terme (>5 ans). Le coût financier pour le patient demeure important en raison de la faible intervention de la sécurité sociale.

## II.6. LA MUSCULATURE SPINALE LOMBAIRE

La musculature spinale lombaire se situe en arrière du plan des apophyses transverses et comporte d'une part les muscles intersegmentaires qui « relient les vertèbres lombaires entre elles » et, d'autre part, les muscles multisegmentaires qui « relient la cage thoracique au rachis lombo-sacré » [35,46]. Excepté les intertransversaires latéraux (rameaux ventraux), ces muscles rachidiens sont innervés par les rameaux dorsaux des nerfs rachidiens (**Figure 1**) [45].

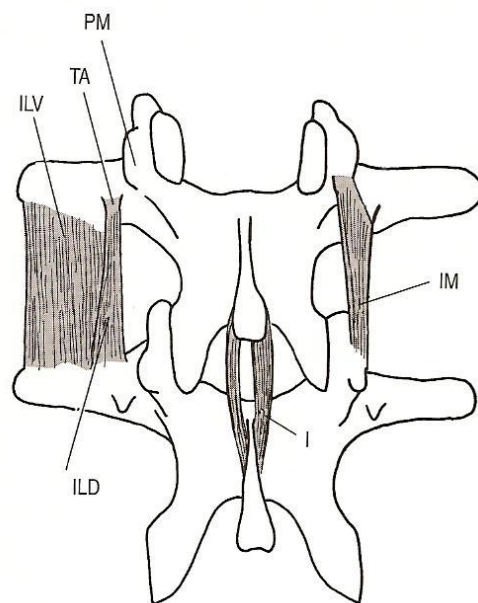


**Figure 1 :** Innervation de la colonne lombaire.

D'après ADAMS M et al., The Biomechanics of back pain, Churchill Livingstone, 2002, p46 et d'après SIHVONEN et al., 1993 [653].

## II.6.1. Les muscles intersegmentaires

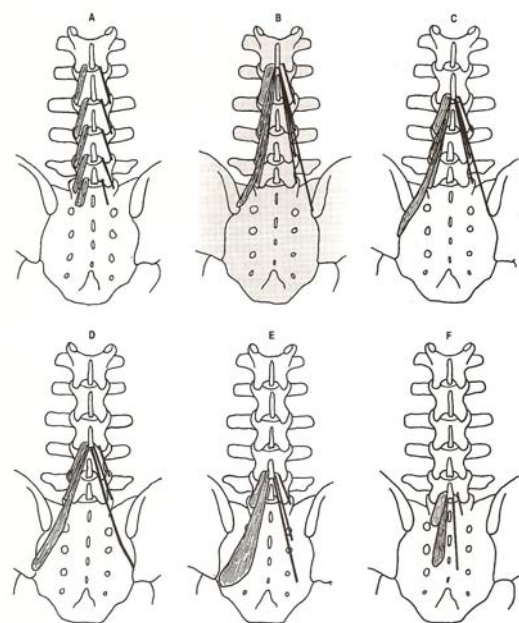
- Les interépineux (**Figure 2**) : petits muscles situés de part et d'autre du ligament interépineux, ils relient les processus épineux des vertèbres lombaires adjacentes ; en raison de leur faible taille, ils ne participent guère aux mouvements des vertèbres [44].
- Les intertransversaires médiaux s'insèrent sur les processus mamillaires des vertèbres adjacentes (**Figure 2**). En raison de leur faible taille, ces muscles ne contribuent pas significativement à la latéro-flexion et à la rotation du rachis [44], mais ils pourraient exercer une fonction proprioceptive en raison de leurs nombreux fuseaux neuromusculaires [44].
- Les intertransversaires latéraux sont constitués des intertransversaires latéraux ventraux (ils passent d'un processus accessoire à l'apophyse transverse sous-jacente) et dorsaux (ils s'érigent du bord supérieur d'une apophyse transverse au bord inférieur de l'apophyse transverse sus-jacente) (**Figure 2**). Ils contribueraient à la proprioception rachidienne [44].
- Le multifide (ou transversaire épineux) constitue le muscle paravertébral lombaire le plus important. Il est formé principalement de nombreux faisceaux musculaires qui naissent de l'aponévrose du long dorsal, de la face dorsale du sacrum, des capsules zygoapophysaires et des tubercules mamillaires des vertèbres lombaires [44]. Ils enjambent deux à quatre vertèbres pour s'insérer sur la base et le bord caudolatéral des apophyses épineuses des vertèbres sus-jacentes [435] (**Figure 3**). Il contribuerait pour plus de 60% de la stabilisation active au niveau L4-L5 [769]. Cette disposition segmentaire des faisceaux est associée à une innervation monosegmentaire : tous les fascicules issus du processus épineux d'une vertèbre sont innervés par la branche médiane du rameau dorsal lombaire émergeant sous cette vertèbre [45].



**Figure 2 :** Musculature spinale lombaire

I = interépineux  
 IM = intertransversaires médiaux  
 PM = processus mamillaire  
 TA = tubercule accessoire  
 ILV = intertransversaires latéraux ventraux  
 ILD = intertransversaires latéraux dorsaux

D'après BOGDUK et al., Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005 (p133).



**Figure 3 :** Composantes fasciculaires du multifide.

D'après BOGDUK et al., Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005 (p137).

Certains auteurs distinguent les fibres superficielles et profondes du multifide, et suggèrent que les fibres profondes exerceraient surtout une activité de stabilisation [435,527]. Le multifide module également la lordose lombaire et s'oppose à la flexion du tronc lors de rotations développées par les obliques [44]

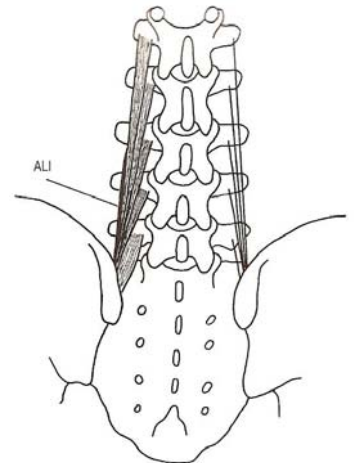
## II.6.2. Les muscles multisegmentaires

Les muscles érecteurs du rachis se composent du long dorsal (longissimus) et de l'iliocostal (iliocostalis) [497] qui contribuent également à la stabilité rachidienne [94]. Bien que leur distinction soit délicate, les anatomistes décrivent une aponévrose lombaire intermusculaire qui les sépare [46].

Ces longs muscles, superficiels et localisés latéralement au multifide, se divisent en :

■ une composante lombaire s'attachant sur les vertèbres lombaires :

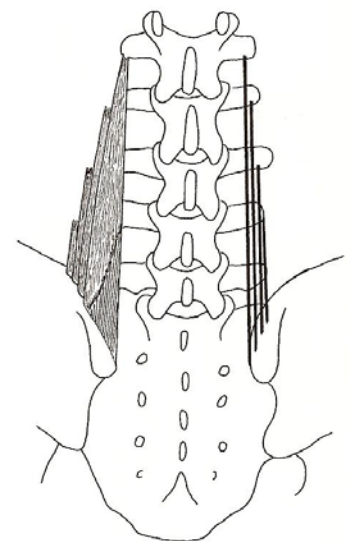
- La portion lombaire du long dorsal comporte 5 faisceaux s'insérant rostralement respectivement sur le tubercule accessoire et l'apophyse transverse de chaque vertèbre lombaire pour constituer caudalement l'aponévrose lombaire s'insérant sur l'ilium (**Figure 4**) [44].



**Figure 4 :** Portion lombaire du long dorsal

D'après BOGDUK et al., Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005 (p141).

- La portion lombaire de l'iliocostal se compose de 4 faisceaux, s'insérant d'une part sur l'extrémité de l'apophyse transverse des vertèbres L1 à L4, et d'autre part sur la crête iliaque, en dehors de l'épine iliaque postéro-supérieure (**Figure 5**) [44]. Le ligament ilio-lombaire pourrait provenir du faisceau issu de L5 [44].



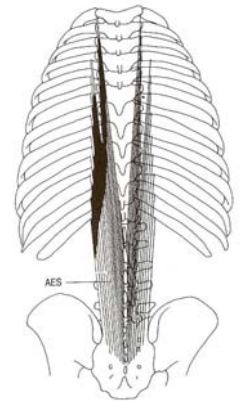
**Figure 5 :** Portion lombaire de l'iliocostal

D'après BOGDUK et al., Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005 (p144).

La contraction unilatérale des portions lombaires du long dorsal et de l'iliocostal entraîne une latéro-flexion tandis qu'une contraction bilatérale provoque une extension du rachis. L'iliocostal pourrait également s'opposer, avec le multifide, à la flexion du tronc provoquée par la contraction des abdominaux obliques [44].

■ une composantes thoracique traversant la région lombaire à partir de la région thoracique pour s'insérer sur l'ilium et le sacrum :

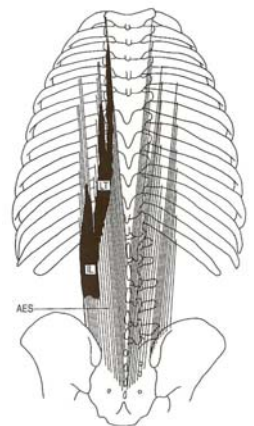
- La portion thoracique du long dorsal comporte plusieurs faisceaux s'insérant sur les côtes et les apophyses transverses dorsales ; ils participent caudalement à l'aponévrose des érecteurs spinaux en s'insérant sur les apophyses épineuses de L3 à L5 ainsi que sur le sacrum [44] (**Figure 6**).



**Figure 6** : Portion thoracique du long dorsal

D'après BOGDUK et al., Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005 (p146).

- La portion thoracique de l'iliocostal se compose de faisceaux s'insérant rostralement sur l'angle costal des 7-8 dernières côtes et caudalement sur l'ilium et le sacrum ; ses tendons distaux constituent la partie latérale de l'aponévrose des érecteurs spinaux (**Figure 7**) [44]. L'orientation des faisceaux musculaires explique leur participation à la latéroflexion et à l'accentuation de la lordose lombaire.



**Figure 7** : Portion thoracique de l'iliocostal.

D'après BOGDUK et al., Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005 (p149).

### II.6.3. Autres muscles influençant la mobilité ou la stabilité du rachis lombaire

- Le corps musculaire du transverse de l'abdomen est compris entre deux lamelles aponévrotiques. L'aponévrose postérieure s'insère sur les apophyses transverses de L1 à L4, sur la face interne des 6 dernières côtes et sur les 2/3 antérieurs de la crête iliaque. L'aponévrose antérieure se termine sur la gaine du grand droit de l'abdomen. Véritable corset musculaire, il augmente, en se contractant, la tension du fascia thoraco-lombaire et la pression intra-abdominale [299]. Ce muscle, sans potentiel de force élevé [113], joue cependant un rôle crucial dans la stabilisation lombaire car il sera le premier à être activé lors de différentes perturbations posturales, contribuant ainsi efficacement aux ajustements posturaux anticipés [114,297].
- L'oblique interne s'insère rostralement sur le bord inférieur des 4 dernières côtes et caudalement sur les 2/3 antérieurs de la crête iliaque. Outre sa contribution à la rotation homolatérale, l'inclinaison et la flexion du tronc, ses fibres inférieures sont activées conjointement au muscle transverse de l'abdomen [296,722].
- L'oblique externe s'insère d'une part sur la face externe des 7 à 8 dernières côtes et d'autre part sur les 2/3 antérieurs de la lèvre externe de la crête iliaque. Il stabilise ou mobilise le tronc en rotation [525], mais il est également impliqué dans la latéroflexion et la flexion du rachis.

Les muscles de l'abdomen sont innervés par les 6 derniers nerfs intercostaux et par des branches des nerfs ilio-hypogastrique et ilio-inguinal [177].

- Le carré des lombes. Muscle de forme rectangulaire, il est formé de nombreux fascicules s'insérant sur le bord inférieur de la 12<sup>ème</sup> côte, le sommet des apophyses transverses des vertèbres L1-L4 et la lèvre interne de la crête iliaque [44]. Innervé par le 12<sup>ème</sup> nerf intercostal et les trois premiers nerfs lombaires, il joue un rôle stabilisateur important dans différentes situations [16,495]. Sa contraction unilatérale produit une inflexion latérale du tronc et un abaissement de la dernière côte (bassin fixe).
- Le psoas : proximatement, il s'insère de D12 à L5 sur les processus transverses, les disques intervertébraux et la face latérale des corps vertébraux. Son innervation est assurée par des filets issus des premiers nerfs lombaires. Ce muscle, fléchisseur principal de hanche, participe à la flexion et la latéroflexion lombaire et contribue à sa stabilité [634].

### III. CONTRIBUTION PERSONNELLE

---

De nombreuses études se sont attachées à l'évaluation des qualités musculaires rachidiennes. Actuellement aucun consensus n'existe quant au meilleur test en raison du manque d'études comparatives et de travaux appréciant les qualités métrologiques de ces différentes épreuves. La **première partie (chapitre III.1)** de notre contribution personnelle déterminera une batterie de tests spécifiques autorisant l'évaluation des lombalgies chroniques.

La **seconde partie (chapitre III.2)** de notre contribution appréciera un éventuel déconditionnement physique tout en précisant son caractère général ou spécifique des muscles rachidiens.

Lors de la **troisième partie (chapitre III.3)**, nous examinerons l'efficacité d'un programme multidisciplinaire proposé par le Service de Médecine Physique du Centre Hospitalier de Liège lors de la prise en charge de la lombalgie chronique.

### **III.1. EVALUATION DES PERFORMANCES MUSCULAIRES RACHIDIENNES**

L'implication des muscles spinaux dans l'apparition, la persistance et la récurrence de lombalgies est connue [3,9,38,257,288,658]. Une évaluation fiable de l'amyotrophie consiste à mesurer, par résonance magnétique ou tomодensitométrie, la surface de section musculaire [144]. Compte tenu de la complexité, du coût et du caractère essentiellement morphologique des informations recueillies par ces examens, divers auteurs proposent des évaluations plus fonctionnelles telles que la force et l'endurance musculaire rachidienne. Ces tests permettent également une individualisation de la rééducation et un suivi régulier des patients. Ainsi, leur présence est devenue incontournable dans la prise en charge de la lombalgie chronique. Un récent rapport du Centre Fédéral d'Expertise souligne cependant le manque d'évidence concernant la validité et la reproductibilité de ces tests [548].

Les épreuves décrites dans la littérature diffèrent par le mode de contraction (isométrique, isotonique, isocinétique), la position du sujet (station debout, assise, décubitus) et le matériel utilisé [520,540]. On distingue des tests non-dynamométriques [153] et dynamométriques [149].

Notre contribution personnelle déterminera les tests les plus adaptés pour évaluer les muscles extenseurs du tronc de lombalgiques chroniques. A cette fin, nous avons appliqué la procédure suivante :

**Etape 1** : revue de la littérature, analyse critique et sélection des évaluations disponibles.

**Etape 2** : analyse comparative des tests sélectionnés sur des sujets sains afin d'apprécier leur faisabilité et leur reproductibilité.

**Etape 3** : étude de la reproductibilité des tests sélectionnés sur des patients lombalgiques chroniques.

**Etape 4** : évaluation de la sollicitation cardio-vasculaire des épreuves.

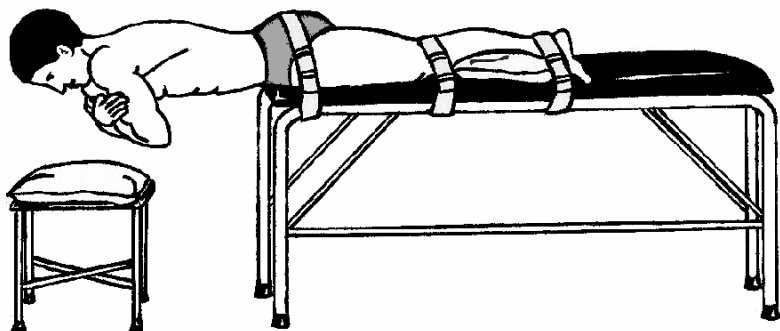
**Etape 5** : validation des épreuves en examinant la sollicitation musculaire.

### III.1.1. Etape 1 : Revue de la littérature - Analyse critique

#### III.1.1.1. Tests non-dynamométriques

##### ■ Isométriques

Un test d'endurance isométrique des extenseurs du tronc [261], réalisé en décubitus ventral avec le tronc suspendu dans le vide, consiste à maintenir cette position le plus longtemps possible (**Figure 8**). Ce test, dénommé « **test de Sorensen** », serait prédictif de l'apparition d'une lombalgie chez les sujets masculins [38]. Il constitue l'évaluation la plus fréquemment évoquée pour apprécier l'endurance isométrique des muscles extenseurs du tronc. De nombreux auteurs l'utilisent en appliquant strictement la procédure originelle ou en y apportant certaines modifications (position des bras, repère anatomique positionné à la limite du débord de table, nombre de sangles, position du tronc, vérification de l'horizontalité du tronc, critère d'arrêt de l'épreuve,...) [153].



**Figure 8 :** Représentation schématique du test de Sorensen [153]

D'autres épreuves non-dynamométriques évaluent l'endurance isométrique des muscles extenseurs du tronc [522], et notamment le « **test d'Ito** » qui consiste à demander au sujet, positionné en décubitus ventral (un coussin sous l'abdomen et les bras le long du corps), de décoller le tronc du plan horizontal et de maintenir cette position le plus longtemps possible (**Figure 9**) [323]. La reproductibilité, la faisabilité, le caractère discriminant et l'innocuité de cette épreuve ont déjà été décrits [323].



**Figure 9 :** Représentation schématique du test de Ito [153]

## ■ Dynamiques

Une évaluation non-dynamométrique dynamique des extenseurs du tronc (« **repetitive arch-up** ») [8,243,388,412,606,607], consiste, à partir de la position du test de Sorensen, à réaliser des abaissements-redressements du tronc, selon un rythme imposé. Les résultats pourraient apprécier le risque d'incapacité de travail lié aux lombalgies [607]. Si le test de Sorensen en mode statique bénéficie d'une renommée scientifique, son adaptation dynamique demeure plus confidentielle.

### **Conclusion provisoire :**

Tests non-dynamométriques (Sorensen statique, Ito, Sorensen dynamique) : sélectionnés.

### III.1.1.2. Tests dynamométriques analytiques

## ■ Isométriques

- Dynamométrie manuelle

La force des extenseurs du tronc peut être appréciée par un dynamomètre manuel (microFET) (Hoggan Health Industries, West Jordan, USA) (**Figure 10**) [523] appliqué par l'examineur dans la région interscapulaire du sujet (en décubitus ventral) réalisant une extension maximale du tronc contre résistance. Cette épreuve présente une validité douteuse et une reproductibilité inter-expérimentateur de piètre qualité (coefficient de corrélation intra-classe (CCI) = 0.24) [523].

**Figure 10 :** Dynamomètre manuel (microFET).



### **Conclusion provisoire :**

Test dynamométrique manuel : non-sélectionné.

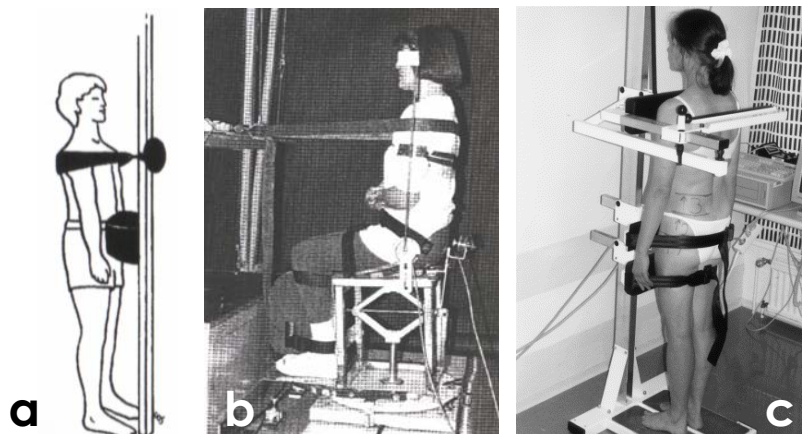
- Dynamométrie instrumentalisée

Quelques prototypes non-commerciaux ont été mis au point pour apprécier les performances des muscles extenseurs du tronc [304,544] (**Figure 11**). Ceux-ci comportent généralement une sangle positionnée au niveau des omoplates (sujet en station assise ou debout) et reliée à une jauge de contrainte située devant le sujet. Cette épreuve, classiquement dénommée « **pulling test** », apprécie la force maximale volontaire (FMV) ainsi que l'endurance musculaire statique [333].

**Figure 11** : Evaluation des muscles extenseurs au moyen de dynamomètres non-commerciaux (« pulling test »).

D'après :

- (a) Nicolaisen et Jorgensen, 1985 [544].
- (b) Kumar et al., 1995 [384].
- (c) Rantanen et Nykvist, 2000 [595].

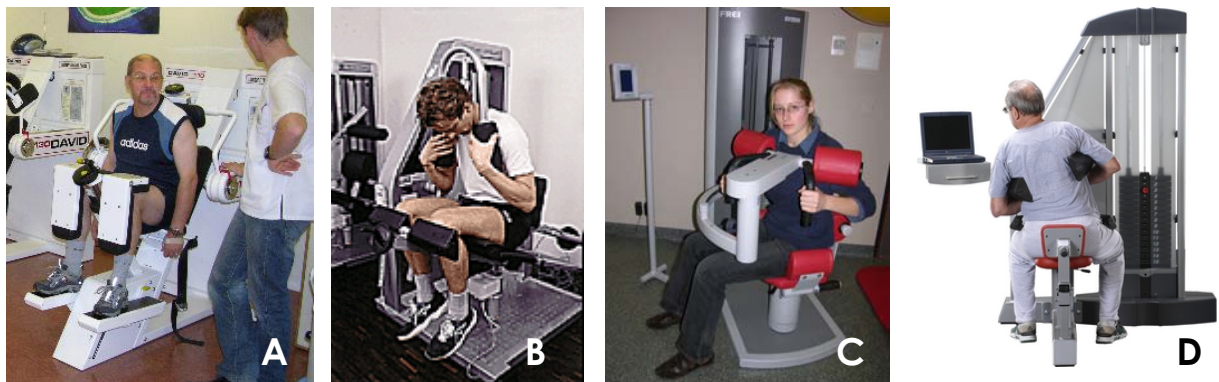


La littérature nord-américaine évoque un dynamomètre développé pour la rééducation et l'évaluation des muscles spinaux (**MedX™**, MedX Corp. Ocala, FL, USA) (**Figure 12**). Au départ d'une position assise, le dynamomètre quantifie la force isométrique maximale volontaire d'extension du tronc dans différentes conditions angulaires (0-12-24-36-48-60-72°) de flexion de tronc afin d'établir une relation « tension-longueur » [240]. Un système de stabilisation du bassin permet, en théorie, de solliciter plus spécifiquement la musculature lombaire ; l'appareillage dispose également d'un système de correction du facteur de gravité [242,580].



**Figure 12** : Dynamomètre MedX.

Plusieurs sociétés européennes (**David Back** [David International Ltd., Neu-Ulm, Germany] (**Figure 13A**), **Schnell** [Schnell, Peutenhausen, Germany] (**Figure 13B**), **Genius** [Frei, Kirchzarten, Germany] (**Figure 13C**), **Tergumed** [Proxomed, Alzenau, Germany] (**Figure 13D**), **DBC** [DBC International, Vantaa, Finland]) proposent 4 appareils qui permettent l'extension, la flexion, la rotation et la latéroflexion du rachis. L'évaluation musculaire maximale du tronc se réalise généralement de manière exclusivement isométrique [694]. Ces dynamomètres apprécient également l'endurance musculaire, soit de manière statique (en demandant au sujet le maintien d'une contraction correspondant à un pourcentage fixé, généralement 50%, de la FMV préalablement déterminée) [343], soit de manière dynamique (le sujet devant réaliser un maximum de répétitions, selon une vitesse et une amplitude fixées et ce, avec une charge déterminée [344].

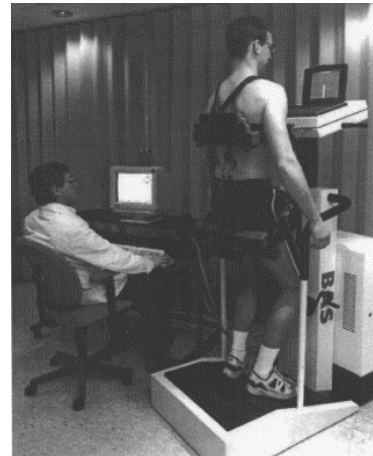


**Figure 13 :** Dynamomètres David Back (extension) (A), Schnell (flexion) (B), Genius (rotation) (C), Tergumed (latéro-flexion) (D).

Certains constructeurs (DBC) recommandent, lors de l'épreuve d'endurance dynamique des muscles extenseurs, une électromyographie de surface pour apprécier la fatigue des muscles spinaux [344].

Ces dynamomètres ont démontré leur reproductibilité [173,620], leur pouvoir discriminant [343,379] et leur efficacité lors de la rééducation des lombalgies chroniques [125,226,468,694].

Le **BAS** (Back Analysis System) [NeuroMuscular Research Center, Boston University, Boston, USA] (**Figure 14**) a été spécifiquement développé pour l'analyse électromyographique des extenseurs du rachis lors d'épreuves statiques de force maximale et d'endurance [136,621-623].



**Figure 14 :** Back Analysis System (BAS) [Oddsson 2003].

L'impossible exploration des muscles profonds et le fait de ne pas pouvoir enregistrer l'activité d'un muscle spécifique au moyen de l'électromyographie (EMG) de surface [680] limite la portée de ces études. La reproductibilité inter-séance et inter-expérimentateur de cette méthode demeure controversée [127,174] en raison de l'influence de nombreux facteurs (type, taille et localisation des électrodes, température musculaire et cutanée, épaisseur du tissu adipeux...) [136].

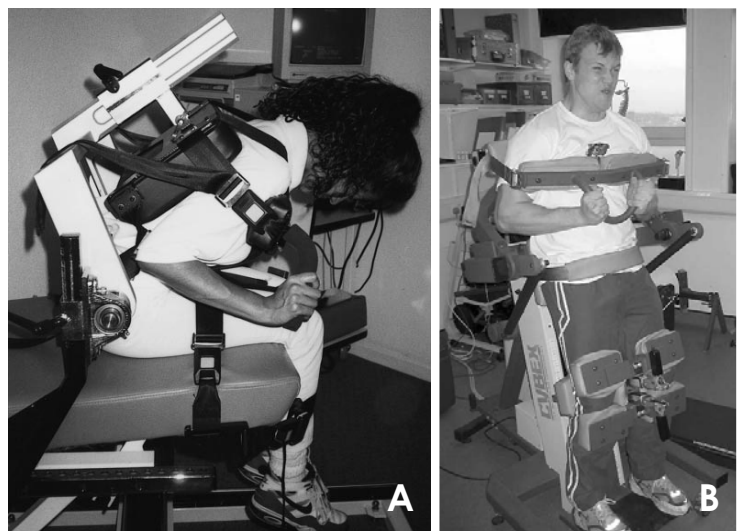
#### Conclusions provisoires :

Tests dynamométriques instrumentalisés :

- évaluant la FMV ainsi que l'endurance statique et dynamique : sélectionnés.
- basés sur les résultats d'un enregistrement EMG de surface : non-sélectionnés.

#### ■ Isocinétiques

Le dynamomètre rachidien isocinétique utilise une résistance auto-adaptée à une vitesse constante, sur une amplitude déterminée et selon un mode de contraction concentrique ou excentrique [269] ; il apprécie la fonction musculaire du tronc en évaluant les fléchisseurs et extenseurs [192] (**Figure 15**), et parfois les rotateurs [43,386]. Plusieurs facteurs différencient ces dynamomètres (position et système de stabilisation du sujet, compensation de la gravité...)



**Figure 15 :** Dynamomètres isocinétiques destinés à l'évaluation des muscles fléchisseurs / extenseurs du tronc

D'après :  
(A) Findley et al., 2000 [192]  
(B) Corin et al., 2005 [108]).

[5,221]. Il n'existe aucun consensus relatif au débattement articulaire, à la vitesse de contraction et au nombre optimal de répétitions lors de l'évaluation [5,221]. Une telle disparité méthodologique réduit la pertinence des études comparatives. L'isocinétisme permet une évaluation dynamique sans pouvoir apprécier spécifiquement les muscles rachidiens [37,705]. Par ailleurs, l'innocuité de la technique n'a pas été formellement démontrée suite à l'importance des impacts mécaniques [22,533] et aux malaises vagues parfois relevés lors de l'évaluation [221].

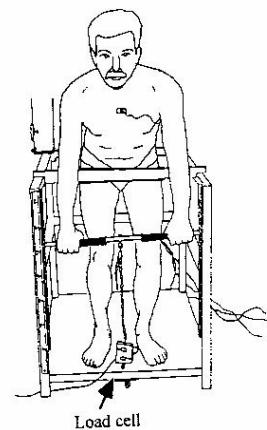
### Conclusions provisoires :

Tests isocinétiques : non-sélectionnés.

#### III.1.1.3. Tests dynamométriques fonctionnels

##### ■ Isométriques

Le port et la manipulation de charges augmente le risque et la sévérité des lombalgies [40,730] ; en conséquence, des tests fonctionnels, qui objectivent la capacité de levage, ont été mis au point. Le sujet saisit une poignée et exerce une force isométrique de traction [451,459,536] mesurée à l'aide d'une jauge de contrainte (**Figure 16**).



**Figure 16** : Test dynamométrique fonctionnel isométrique [459].

Chaffin et al. [89] considèrent que ce type d'épreuve ne présente aucun risque ; par contre, d'autres remettent en question le caractère fonctionnel et l'innocuité de ce test [262].

##### ■ Isocinétiques

Différents dynamomètres isocinétiques apprécient la chaîne fonctionnelle (membres supérieurs-tronc-membres inférieurs) lors d'efforts de type levage de charges [451,606]. Le sujet réalise généralement un effort de levage de traction (par l'intermédiaire d'une poignée reliée au dynamomètre isocinétique) à une vitesse prédéterminée (en  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) et jusqu'à une hauteur pré-réglée (**Figure 17**).



**Figure 17** : Test dynamométrique fonctionnel isocinétique [606].

Si cette évaluation objective les performances globales de la chaîne fonctionnelle, elle ne peut néanmoins localiser le déficit [122]. Sa brièveté peut également masquer un dysfonctionnement seulement détecté par une épreuve d'endurance [122] ; le maintien d'une vitesse constante limite le caractère fonctionnel de cette épreuve. Les résultats ne permettant pas de prédire la survenue d'une lombalgie [222], l'intérêt de cette épreuve a été remis en question [539].

#### ■ Isoinertiels

Un outil spécifique, l'Isostation B-200 [Isotechnologies, Inc., Hillsborough, NC, USA] (**Figure 18**), autorise une évaluation tridimensionnelle et isoinertielle du tronc en mesurant les moments de force, le travail, la puissance, le déplacement angulaire, la vitesse (en  $^{\circ}.s^{-1}$ ), l'accélération ainsi que les mouvements engendrés dans les plans secondaires [415,564]. La reproductibilité de certains paramètres [565] et la sensibilité de cette épreuve restent spéculatives. Dans leur revue de la littérature, Newton et al. formulent des doutes sur la capacité de ce dynamomètre à discriminer les sujets sains et les patients lombalgiques chroniques [540].



**Figure 18 :** Isostation B-200 (Isotechnologies, Inc., Hillsborough, NC, USA).

#### **Conclusions provisoires :**

Tests fonctionnels : non-sélectionnés.

#### III.1.1.4. Conclusions de l'étape 1

La pléthore actuelle d'épreuves d'évaluation des muscles du tronc confirme la pertinence de notre approche qui souhaite procéder à une sélection initiale, basée sur une revue de la littérature. Une analyse critique permet d'écartier les épreuves aux qualités discutables (tests dynamométriques manuels ou basés sur des résultats électromyographiques, épreuves isocinétiques, tests dynamométriques fonctionnels) et de sélectionner six tests afin d'approfondir l'étude de leurs qualités métrologiques et de leur validité :

- trois tests dynamométriques (force maximale volontaire (FMV), endurance statique à 50% de la FMV (50%FMV) et endurance dynamique),
  
- trois tests de terrain (Sorensen statique, Sorensen dynamique, test statique d'Ito).

### III.1.2. **Etape 2** : Analyse comparative – Sujets sains

#### III.1.2.1. **Objectifs**

Les épreuves sélectionnées à l'issue de l'étape 1 ont été soumises à des sujets sains ne présentant aucun antécédent de lombalgie afin de vérifier leur reproductibilité et leur faisabilité. Ce travail comporte 2 parties :

**L'étude A** analyse la reproductibilité des 3 tests dynamométriques sélectionnés lors de l'étape initiale (force maximale volontaire (FMV), endurance statique nécessitant le maintien d'une force correspondant à 50% de la FMV (50%FMV), endurance dynamique).

**L'étude B** porte sur les 3 tests non-dynamométriques. Elle examine la reproductibilité intra- et inter-séance du test de Sorensen statique ainsi que la pertinence d'inclure le test d'Ito et la version dynamique du test de Sorensen dans un protocole évaluatif [152].

#### III.1.2.2. **Matériel et méthodes**

##### Populations

Quinze sujets masculins et 15 sujets féminins sédentaires ou sportifs de loisirs (pratiquant moins de trois heures hebdomadaires d'activités physiques) et ne présentant aucun antécédent de lombalgie, ont été inclus dans ce travail (**Tableau I**). Un premier sous-groupe (5 sujets masculins et 5 sujets féminins) a été soumis aux trois tests dynamométriques (**Etude A**) tandis qu'un second sous-groupe de 10 sujets de chaque sexe participe aux trois tests de terrain (**Etude B**) [152].

**Tableau I** : Caractéristiques anthropométriques des sujets [valeurs moyennes (m), écart-types (ET)]

	<b>Age (ans)</b> m (ET)	<b>Taille (cm)</b> m (ET)	<b>Poids (kg)</b> m (ET)
Sujets féminin (n=15)	22 (1,2)	166 (4)	58,9 (6,8)
Sujets masculins (n=15)	22,4 (1,9)	182 (6)	76,1 (11)

## Protocole expérimental

### **Etude A : Comparaison des tests dynamométriques**

Les sujets sont soumis à 4 séances, les deux premières évaluant la force isométrique maximale volontaire (FMV) et l'endurance statique, et les deux dernières appréciant l'endurance dynamique des muscles extenseurs du tronc.

Composition des séances :

Séance 1 : test FMV + test d'endurance statique (50% FMV) + test FMV + test 50% FMV

Séance 2 : test FMV + test 50% FMV

Séance 3 : test d'endurance dynamique + test d'endurance dynamique

Séance 4 : test d'endurance dynamique

Ces séances, réalisées au moyen du dynamomètre David Back 110 (David International Ltd., Neu-Ulm, Germany), sont espacées de 48 heures. Elles débutent par un échauffement de 5 minutes sur bicyclette ergométrique à une puissance de 60-75 watts (W) suivi d'étirements des quadriceps et ischio-jambiers et d'un échauffement spécifique sur le dynamomètre (soulèvement d'une charge de 10-15 kg pendant 2 min). Une récupération respectivement de 5 et de 15 min est accordée après les tests de force et d'endurance.

Description des tests :

#### ■ Test de force maximale volontaire des extenseurs du tronc (Figure 19) :

Le sujet est installé sur le dynamomètre. La hauteur réglable de l'assise permet d'aligner l'axe de rotation avec L3, tandis que l'appui podal (également réglable) fixe la flexion de hanche à environ 100°. Le système de fixation du bassin (« Hip Lock ») est positionné et fixé au niveau des genoux afin que le patient ne puisse plus décoller ses talons de l'appui podal. L'appui résistif est positionné à hauteur des omoplates.



**Figure 19 :** Test de force maximale volontaire des extenseurs du tronc.

L'évaluation des extenseurs se réalise à 30° de flexion du tronc, les bras tendus le long du corps. Après une période de familiarisation (4 essais sous-maximaux de 3-4 s et d'intensité croissante), le sujet réalise 3 contractions statiques maximales, espacées de 45 s. Si le moment de force maximale (MFM) développé lors du troisième essai est le plus élevé, le sujet effectue un quatrième essai. La meilleure performance est retenue. Le moment de force est exprimé en Newton-mètre (N.m) et rapporté au poids corporel (N.m.kg<sup>-1</sup>).

■ Test d'endurance statique 50% FMV (Figure 20) :

Le sujet se positionne sur le dynamomètre, le tronc fléchi à 30°, et reçoit comme consigne de développer, le plus longtemps possible, une contraction isométrique équivalant à 50% de sa FMV. Le sujet ajuste cette intensité de contraction à l'aide d'un feedback visuel (écran d'ordinateur). Lorsque la force exercée diminue sous un seuil fixé à 40% de la FMV, l'examineur arrête le test et note la durée de l'épreuve. De manière préalable, un essai de quelques secondes est autorisé afin de familiariser le sujet avec l'évaluation.



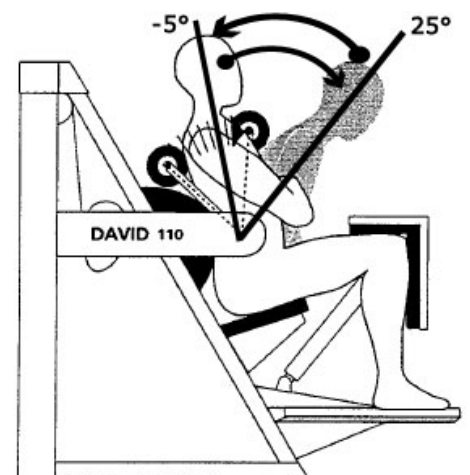
**Figure 20 :** Test d'endurance statique 50%FMV.

■ Test d'endurance dynamique (Figure 21) :

À la suite d'une période de familiarisation (5 mouvements), le sujet effectue, à une cadence de 25 répétitions par min (métronome), des extensions du tronc contre une résistance (kg) calculée préalablement à l'aide de la formule suivante [342] :

$$[0.4 \times \text{Taille (mètre)}] \times [0.6 \times \text{Poids (kg)}] \times 0.82,$$

où 0.82 constitue un facteur théorique afin d'obtenir une fatigue musculaire après environ 3 min d'effort. Cette résistance atteint en moyenne  $27,5 \pm 4$  kg pour les sujets masculins et  $20 \pm 3$  kg pour les sujets féminins.



**Figure 21 :** Test d'endurance dynamique [342].

Des butées mécaniques limitent le mouvement à 25° de flexion et -5° d'extension. Le test consiste à réaliser un maximum de flexion-extensions du tronc et se termine lorsque le sujet devient incapable de respecter l'amplitude et/ou la cadence imposée et ce, malgré les encouragements verbaux prodigués par l'examineur. Le nombre de répétitions effectuées est alors enregistré.

### Etude B : Comparaison des tests non-dynamométriques

Les sujets sont soumis à deux séances, espacées de 48 heures, chacune débutant par un échauffement de 5 minutes sur bicyclette ergométrique à une puissance de 60-75 watts suivi d'étirements des quadriceps et ischio-jambiers.

Composition des séances :

Séance 1 : test Sorensen statique + test Sorensen statique + test Ito + test Sorensen dynamique
Séance 2 : test Sorensen statique

Lors de la première séance, la chronologie des tests d'Ito et de Sorensen dynamique est fixée de manière aléatoire.

Description des épreuves :

#### ■ Le test de Sorensen statique (Figure 22)

Ce test s'effectue en décubitus ventral, le sujet positionnant ses épines iliaques antéro-supérieures à la limite du débord de table. Trois sangles disposées au niveau du bassin, des genoux et des chevilles permettent de fixer les membres inférieurs. Un tabouret, disposé sous le tronc, permet un appui thoracique avant le début du test. L'épreuve consiste à maintenir le plus longtemps possible le tronc à l'horizontale, les bras étant croisés sur la poitrine. Le test se termine lorsque le sujet ne peut plus maintenir l'horizontalité du tronc (contrôlée au moyen d'une toise).

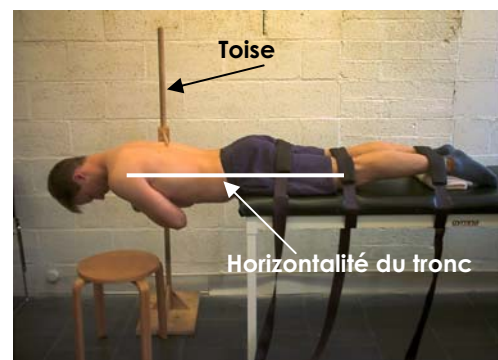
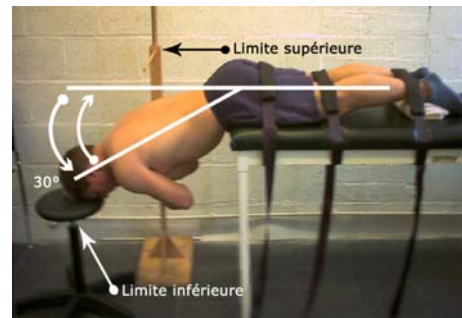


Figure 22 : Test de Sorensen statique.

■ Le test de Sorensen dynamique (Figure 23) :

Le sujet, dans la même position que celle du test de Sorensen statique, réalise le plus grand nombre possible de flexions du tronc à 30 degrés (limite inférieure fixée par un tabouret) suivies du retour à l'horizontale (limite supérieure représentée par la toise) avec une fréquence fixée, à l'aide d'un métronome, à 25 cycles par minute.



**Figure 23 :** Test de Sorensen dynamique.

■ Le test d'Ito (Figure 9, page 33) :

Le sujet se positionne en décubitus ventral, un coussin sous l'abdomen et les bras le long du corps. Au signal, il réalise une extension du tronc lui permettant de décoller, de quelques centimètres, le thorax du sol. Le maintien de cette posture s'accompagne d'une flexion cervicale maximale et d'une contraction des grands fessiers de façon à stabiliser le bassin. Le sujet doit maintenir cette position le plus longtemps possible en respirant normalement.

Ces différents tests, séparés par un repos de 15 min, seront précédés par une phase de familiarisation (maintien de la position pendant 5 s ou réalisation de 5 mouvements dynamiques). Des encouragements sont prodigués lors de chaque épreuve.

## Analyse statistique

Pour l'analyse descriptive, les différentes variables sont exprimées sous forme de moyenne et d'écart-type.

Le test statistique de normalité de Shapiro-Wilk permet de vérifier la normalité de la distribution de chaque variable.

Un test « t-student » pour échantillon apparié (test de « Wilcoxon » si la distribution n'est pas normale) compare le temps de maintien recueilli lors des tests de Sorensen statique et de Ito.

Les différences inter-sexuelles ont été examinées au moyen du « t-test » ou du test non paramétrique « U » de Mann-Withney.

L'analyse corrélative, examinant les relations entre les performances des différents tests, se réalise au moyen du « test de Pearson ».

L'étude de la reproductibilité utilise le test « t-student » pour échantillon apparié et le coefficient de variation (CV) selon la formule :

$$CV = \frac{s'}{\bar{x}} \times 100\% \quad \text{où} \quad s' = \sqrt{\frac{\sum (X_1 - X_2)^2}{2n}}$$

n : effectif de l'échantillon

$\bar{x}$  : moyenne de l'ensemble des observations

$X_1 - X_2$  : différence entre les deux observations d'un même sujet

Le seuil de signification statistique est fixé à 5% ( $p < 0,05$ ).

### III.1.2.3. Résultats

#### Etude A : Comparaison des tests dynamométriques

Le **tableau II** présente les performances relevées lors des 3 tests dynamométriques. Les sujets masculins présentent une force, une endurance statique et une endurance dynamique respectivement plus élevée ( $p < 0,05$ ), plus faible ( $p < 0,05$ ) et similaire (NS) aux sujets féminins, témoignant d'une grande hétérogénéité.

**Tableau II** : Performances des sujets masculins et féminins au test de force maximale volontaire (FMV), aux tests d'endurance statique 50% FMV et d'endurance dynamique [valeurs moyennes (m) et écart-types (ET)].

	Sujets masculins (n=5) m (ET)	Sujets féminins (n=5) m (ET)	p-value
FMV (N.m.kg <sup>-1</sup> )	4,11 (0,64)	3,3 (0,57)	$p < 0,05$
Test endurance statique 50% FMV (s)	75,4 (14,9)	99,8 (31,2)	$p < 0,05$
Test endurance dynamique (rep)	106 (29)	105 (66)	NS

Les tests de force et d'endurance statique n'ont entraîné aucune douleur ; par contre, quelques sujets signalent une gêne douloureuse dans les suites de l'évaluation dynamique.

Aucune corrélation significative n'a été mise en évidence entre les résultats des trois épreuves dynamométriques (**Tableau III**).

**Tableau III** : Corrélation entre les performances aux différentes épreuves dynamométriques (FMV, endurance statique 50% FMV et endurance dynamique).

	FMV	Endurance statique 50% FMV	Endurance dynamique
FMV		0,2	0,52
Endurance Statique 50% FMV	0,22		0,72
Endurance dynamique	0,43	0,13	

 Sujets féminins

 Sujets masculins

La reproductibilité révèle des CV inférieurs pour le test de force (< 6%) comparativement au test d'endurance statique et à l'épreuve dynamique (**Tableau IV**). Pour chaque test, la comparaison des performances intra- et inter-séance ne révèle aucune différence significative.

**Tableau IV** : Coefficients de variation (exprimés en %) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-séance des tests de force maximale volontaire (FMV), d'endurance statique 50% FMV et d'endurance dynamique.

	CV Intra-séance	CV Inter-séance
FMV	5,8%	3,9%
Test endurance statique 50% FMV	14,3%	20,2%
Test endurance dynamique	13,9%	24,5%

#### **Etude B** : Comparaison des tests non-dynamométriques

La comparaison des tests non-dynamométriques ne révèle aucune différence significative entre les temps de maintien respectivement recueillis lors des tests d'Ito et de Sorensen.

Les sujets masculins présentent des performances plus faibles que les sujets féminins. Cette différence inter-sexuelle demeure non significative, excepté pour le test d'Ito ( $p < 0,05$ ) (**Tableau V**).

**Tableau V** : Performances des sujets masculins et féminins au test de Sorensen statique, au test d'Ito et au test de Sorensen dynamique [valeurs moyennes (m) et écart-types (ET)].

	Sujets masculins (n=10) m (ET)	Sujets féminins (n=10) m (ET)	p-value
Sorensen (s)	113 (28)	142 (38)	0,067
Ito (s)	116 (39)	160 (38)	$p < 0,05$
Sorensen dynamique (rep)	35 (11,1)	39,7 (7,4)	0,4

L'analyse corrélative démontre, chez les sujets masculins, une relation significative ( $r = 0,76$ ) entre le temps de maintien au test de Sorensen statique et le nombre de répétitions au test de Sorensen dynamique (**Tableau VI**). Le test d'Ito provoque une douleur chez 7 sujets et sera décrit comme le test « le moins confortable ».

**Tableau VI** : Corrélations entre les performances enregistrées aux différents tests d'endurance (Sorensen statique, Ito et Sorensen dynamique).

	Sorensen statique	Ito	Sorensen dynamique
Sorensen statique		0,23	0,76 *
Ito	0,06		0,06
Sorensen dynamique	0,23	-0,09	

\* :  $p < 0,05$

 Sujets féminins

 Sujets masculins

La reproductibilité intra-séance du test de Sorensen révèle un CV de 6,9% et de 12,5% respectivement chez les sujets masculins et féminins. La reproductibilité inter-séance se caractérise par un CV de 4,6% et de 7,9%, respectivement chez les sujets masculins et féminins.

#### III.1.2.4. Discussion

Les études comparant les épreuves d'évaluation des extenseurs du tronc demeurent relativement anecdotiques [351,523] ; nous souhaitons apprécier la reproductibilité et la faisabilité de tests sélectionnés lors de notre analyse initiale (Etape 1).

##### Etude A

Nous rapportons une excellente reproductibilité intra- (CV = 3,9%) et inter-séance (CV = 5,8%) du test de la force isométrique maximale sur la machine David 110. A notre connaissance, aucune étude n'avait précisé la reproductibilité intra-séance de ce test. La reproductibilité inter-séance (CV = 11%) a antérieurement été décrite, mais dans des conditions expérimentales non similaires [174]. Les qualités métrologiques de cette épreuve maximale (CV inter-séance = 6,9% et CV inter-examineur = 8,1%) ont été confirmées [149]. La reproductibilité intra-séance et inter-examineur (CCI > 0,95) d'un test de FMV des extenseurs a également été décrite avec le dynamomètre « Tergumed Extension » [620].

Le test d'endurance statique, réalisé à 50% de la FMV, se caractérise par une moindre reproductibilité (CV intra- et inter-séance de 14,3% et 20,2%).

La reproductibilité de l'épreuve dynamique s'avère peu satisfaisante (CV de la reproductibilité intra- et inter-séance atteignant 13,9% et 24,5%). La formule utilisée pour déterminer la charge imposée n'apparaît guère adaptée : pour certains, la charge trop faible permet plus de 160 répétitions (durée de l'épreuve > 6 min) ce qui entraîne l'arrêt de l'épreuve par lassitude ; par contre, d'autres sujets signalent l'apparition de douleurs au cours de l'épreuve. Ce test ne semble pas adapté aux lombalgies et ne sera pas retenu malgré son évocation antérieure [344].

## **Etude B**

Le test de Sorensen apparaît incontournable en raison de son caractère prédictif de lombalgie [9,38,658] et de son utilisation clinique régulière [153]. Les temps de maintien au test de Sorensen (113 s et 142 s respectivement chez les hommes (H) et les femmes (F)) sont similaires à ceux d'autres études : Latimer et al. [396] rapportent un maintien de 133 s dans un groupe mixte asymptomatique âgé de  $29 \pm 8$  ans ; Mannion et al. [460] relatent des durées de respectivement 116 et 142 s pour de jeunes sujets sains masculins et féminins. Récemment, un temps moyen de maintien de 153 s a été mesuré chez 20 étudiants (19 sujets masculins) [120].

Les résultats au test d'Ito (H : 115 s, F : 151 s) diffèrent nettement de ceux présentés dans l'étude originale (H : 208 s, F : 128 s) [323]. Malgré un temps de maintien similaire à celui du test de Sorensen, le test d'Ito a été considéré comme moins confortable par la majorité des sujets. Bien que cette épreuve semble particulièrement facile à mettre en place, l'importance du redressement du tronc semble plus difficile à standardiser. Un test similaire, mais en imposant une extension du tronc de  $30^\circ$  par rapport au plan de la table, a été décrit [551] ; un tel redressement et l'hyperlordose qu'il implique semblent pourtant inapplicables à des lombalgies.

L'adaptation dynamique du test de Sorensen apparaît moins fréquente, et de façon variable dans la littérature, ce qui limite la possibilité d'études comparatives. Gronblad et al. évaluent 54 lombalgies au moyen d'un test similaire au nôtre (même position des sujets mais flexion du tronc imposée à  $45^\circ$ ) et rapportent un nombre de répétitions atteignant respectivement 23 et 26 chez les sujets masculins et féminins [243]. Les valeurs de référence pour cette épreuve atteignent 29 répétitions dans un groupe sain [8]. Le plus grand nombre de répétitions observé dans notre étude (H : 35 et F : 40) s'explique certainement par une plus faible amplitude ( $30^\circ$  vs  $45^\circ$ ).

Aucune étude n'a examiné la relation entre les performances aux tests de Sorensen statique et dynamique. Nous rapportons une corrélation chez les sujets masculins suggérant que le test

de Sorensen dynamique ne doit pas nécessairement être inclus dans une batterie de tests comportant la version statique de cette épreuve.

La majorité des études relatives à la reproductibilité du test de Sorensen statique s'appuie uniquement sur le coefficient de corrélation « r » [517] ou le CCI [516] qui ne constituent pourtant pas les meilleurs indicateurs de la reproductibilité d'un test [26,42,169,532]. Nos résultats indiquent des CV inter-séance de 4,6% et 7,9% respectivement chez les sujets masculins et féminins et l'absence de différence significative entre les tests successifs. Ces CV apparaissent inférieurs à ceux de Dederling et al. (9,3%) qui ont évalué 10 sujets jeunes et sains à 3 reprises [139] mais supérieurs à ceux de Mannion et al. (3,1%) pour une population identique [460].

Un CV de 6-7% signifie une reproductibilité élevée tandis qu'un CV supérieur à 12,5% est peu précis [672]. Nos résultats précisent la reproductibilité très satisfaisante de cette épreuve.

### **III.1.2.5. Conclusions de l'étape 2**

- L'épreuve de force maximale volontaire apparaît reproductible et bien tolérée. Le test dynamométrique d'endurance statique s'est avéré plus fiable que le test dynamique.
  
- Le test de Sorensen est également reproductible et bien toléré par des sujets sains. Y associer le test d'Ito ou la version dynamique du test de Sorensen ne semble pas pertinent.

Par conséquent, cette deuxième étape sélectionne le test de force maximale volontaire, le test d'endurance 50% FMV et le test de Sorensen statique.

### III.1.3. **Etape 3** :

#### **Etude de reproductibilité – Sujets lombalgiques**

##### III.1.3.1. **Objectifs**

Une évaluation musculaire sensible, permettant de détecter d'éventuels déficits, s'avère indispensable à la planification d'un programme de révalidation. La reproductibilité au sein de la population cible permettra de déterminer si les éventuelles différences, mesurées lors d'évaluations successives, reflètent de réels gains ou pertes musculaires. Ce travail examine la reproductibilité intra- et inter-séance des tests sélectionnés à l'étape 2 dans une population de patients lombalgiques chroniques (LBC).

##### III.1.3.2. **Matériel et méthodes**

###### **Population**

Notre groupe se compose de 44 sujets (22 masculins et 22 féminins) souffrant de lombalgies (EVA de la douleur =  $28 \pm 15\%$  ; EIFEL =  $24 \pm 14\%$ ) depuis en moyenne  $8,1 \pm 5,5$  ans. Les caractéristiques anthropométriques de ces sujets sont présentées dans le **tableau VII**.

**Tableau VII** : Caractéristiques anthropométriques des sujets [valeurs moyennes (m), écart-types (ET)].

	Age (ans) m (ET)	Taille (cm) m (ET)	Poids (kg) m (ET)
Sujets masculins (n = 22)	45,8 (9,3)	177 (5)	82,7 (10,1)
Sujets féminins (n = 22)	48,5 (10)	166 (6)	65 (8,7)

12 sujets masculins et 12 féminins participent aux épreuves dynamométriques (tests de force maximale volontaire (FMV) et d'endurance statique 50%FMV) (« **sous-groupe David Back** ») et les 20 autres sujets sont soumis au test de Sorensen (« **sous-groupe Sorensen** »).

###### **Protocole expérimental**

Afin d'étudier la reproductibilité des différents tests, les sujets ont été soumis à deux séances d'évaluation espacées de 2 à 7 jours.

« Sous-groupe David Back » (n=24)

S1 : test FMV + test 50% FMV + test FMV + test 50% FMV

S2 : test FMV + test 50% FMV

« Sous-groupe Sorensen » (n=20)

S1' : test Sorensen + test Sorensen

S2' : test Sorensen

Une récupération de respectivement 5 et 15 min sera accordée après les tests de force et d'endurance.

Toutes les épreuves sont réalisées selon les modalités définies au chapitre précédent (pages 42-44). L'expérimentateur et les paramètres de positionnement étaient identiques lors des deux séances.

### **Analyse statistique**

Les différentes variables sont exprimées sous forme de moyennes  $\pm$  écart-types.

Le test statistique de Shapiro-Wilk permet de vérifier la normalité de la distribution de chacune des variables.

La reproductibilité s'apprécie en réalisant le test « t-student » pour échantillon apparié (ou le test non paramétrique de Wilcoxon) et en calculant le coefficient de variation (cfr page 46).

Le seuil de signification statistique est fixé à 5% ( $p < 0,05$ ).

### III.1.3.3. Résultats

Le **tableau VIII** présente les performances des sujets lors des 3 évaluations.

**Tableau VIII** : Moments de force maximale relatifs et temps de maintien aux tests d'endurance statique 50%FMV et de Sorensen enregistrés lors des 3 évaluations [valeurs moyennes (m) et écart-types (ET)].

		Séance 1 Test 1	Séance 1 Test 2	Séance 2 Test 1
<b>FMV (N.m.kg<sup>-1</sup>)</b>	Féminins (n = 12)	2,7 (0,7)	2,67 (0,7)	2,64 (0,5)
	Masculins (n = 12)	3,57 (0,67)	3,66 (0,69)	3,75 (0,9)
<b>Endurance 50%FMV (s)</b>	Féminins (n = 12)	75,8 (21,7)	86,2 (20,6)	90,2 (19,6)
	Masculins (n = 12)	81,7 (51,1)	77,3 (44)	88 (44,9)
<b>Sorensen statique (s)</b>	Féminins (n = 10)	95,3 (27,1)	114,5 (36,3)	116 (32)
	Masculins (n = 10)	86,3 (24,2)	90,4 (27,9)	91,4 (22,4)

L'analyse statistique ne démontre aucune différence significative entre les épreuves successives, excepté pour les sujets féminins lors des deux tests d'endurance (augmentation du temps de maintien du test 1 au test 2 de la première séance).

L'étude de reproductibilité intra- et inter-séance du test de force maximale volontaire révèle des CV inférieurs à 8% (**Tableau IX**). Les épreuves d'endurance sont caractérisées par des CV supérieurs (CV > 14% pour le test de Sorensen et CV > 18% pour le test d'endurance 50%FMV (**Tableau IX**)).

**Tableau IX** : Coefficients de variation (CV), exprimés en %, caractérisant la reproductibilité intra- et inter-séance des tests de force maximale volontaire (FMV), d'endurance statique 50%FMV et de Sorensen.

	CV (%) Intra-séance	CV (%) Inter-séance
<b>FMV</b>	<b>7,8%</b>	<b>5,6%</b>
<b>Endurance 50%FMV</b>	<b>18,7%</b>	<b>24,8%</b>
<b>Sorensen statique</b>	<b>14,8%</b>	<b>17,2%</b>

### III.1.3.4. Discussion

#### Test de force

Au sein de la population pathologique, la reproductibilité intra- et inter-séance du test de force maximale est excellente ( $CV \leq 7,8\%$ ). Sur le même dynamomètre David 110, Elfving et al. rapportent une reproductibilité satisfaisante (CCI de 0,93) chez des sujets sains (versus lombalgiques dans notre étude) positionnés à 0° de flexion du tronc (vs 30° dans notre étude) [173]. La reproductibilité de la force isométrique maximale des extenseurs, mesurée sur d'autres dynamomètres, a également fait l'objet de publications ; ainsi, des coefficients de corrélation compris entre 0.59 et 0.96, et entre 0.71 et 0.93 ont été rapportés respectivement pour des lombalgiques féminins et masculins évalués dans différentes positions de flexion du tronc au moyen du dynamomètre « MedX » [613]. La plus faible reproductibilité pour les positions les plus redressées [613] justifie la réalisation de nos tests à 30° de flexion du tronc.

#### Test Endurance 50%FMV

Le test d'endurance statique 50% FMV sur le dynamomètre David Back est décrit de façon épisodique dans la littérature ; aucune étude ne porte sur les qualités métrologiques de cette épreuve chez des lombalgiques.

Aucune différence significative entre le temps de maintien de sujets féminins sains (120 s) et lombalgiques chroniques (102 s) n'a été rapportée suite à un test identique au nôtre [343].

L'épreuve couplée à un enregistrement EMG de surface des paravertébraux se caractérise par une faible reproductibilité [174] et un faible pouvoir discriminant des paramètres EMG [343]. Inversement, une fatigabilité accrue du muscle grand fessier a été décrite chez les patients LBC [343].

La reproductibilité intra- et inter-séance de cette épreuve apparaît plus faible que celle du test de Sorensen. Par ailleurs, la pénibilité de ce test apparaît supérieure [148].

#### Test Sorensen

Plusieurs travaux ont étudié la reproductibilité du test de Sorensen, soit sur des échantillons réduits [139,304,334,460,496], soit à l'aide du coefficient de corrélation « r » ou du CCI [8,304,319,485,517,630]. L'usage du CCI évoque une reproductibilité satisfaisante (CCI > 0.75) [405] pour les sujets sains et lombalgiques. Des CCI respectivement de 0.73, 0.68 et 0.99 caractérisent la reproductibilité intra-séance, inter-séance et inter-expérimentateur de sujets sains [654] ; ils atteignent 0.91, 0.88 et 0.99 chez des lombalgiques [654]. Un CCI inter-

expérimentateur de respectivement 0.77, 0.83 et 0.88 a été rapporté chez des sujets avec antécédents de lombalgie, des sujets asymptomatiques et des lombalgiques [396].

Nos conditions expérimentales (table + sangles) semblent pertinentes car l'utilisation d'un banc d'angle (chaise romaine) réduit la reproductibilité : Mayer et al. rapportent un coefficient de corrélation de 0.2 chez 12 sujets sains [485] tandis qu'un coefficient de variation respectivement égal à 20% et 21% chez des lombalgiques et des sujets sains a été décrit [351]. Notre étude met en évidence des CV entre 14,8% et 17,2% pour le test de Sorensen appliqué à des lombalgiques. Par ailleurs, la comparaison des deuxième (séance 1 : test 2) et troisième (séance 2 : test 1) tests ne met en exergue aucune différence significative et révèle un CV inférieur à 10%.

Un effet d'apprentissage, se caractérisant par des performances supérieures lors de la seconde séance d'évaluation, est fréquent chez les lombalgiques [539,540,723]. Grabiner et al. mesurent lors de deux évaluations des extenseurs du tronc (distantes de 5 minutes) une augmentation du MFM entre 0 et 8% pour des sujets sains et entre 17% et 28% pour des lombalgiques chroniques [237]. Un tel effet est retrouvé principalement chez nos sujets féminins pour les tests d'endurance. L'effet d'apprentissage est généralement majoré lors de l'évaluation de patients douloureux par rapport aux sujets sains [539].

Nos résultats confirment que pour ne pas sous-estimer les performances de sujets LBC (en raison de leur appréhension de réveiller ou d'exacerber leurs douleurs), il suffit de les soumettre aux tests d'endurance à deux reprises. Un troisième test ne semble par contre pas nécessaire.

### III.1.3.5. Conclusions de l'étape 3

- Pour les lombalgiques, le test de force maximale volontaire se caractérise par une bonne reproductibilité.
- La reproductibilité intra- et inter-séance du test d'endurance 50%FMV apparaît moins satisfaisante que pour le test de Sorensen qui, idéalement, devrait se réaliser à deux reprises.

En conséquence, l'étape suivante déterminera les répercussions cardiovasculaires des tests de force et d'endurance de Sorensen.

### III.1.4. **Etape 4** : Etude des contraintes cardiovasculaires

#### III.1.4.1. **Objectifs**

Si de nombreux travaux examinent la reproductibilité, le caractère discriminant et la sensibilité de tests évaluant les performances des muscles du tronc [149,175,343,460,539,620,654], peu d'études explorent leurs répercussions cardiovasculaires [567,596].

Malgré l'utilisation fréquente d'évaluations isométriques des extenseurs du tronc à des fins cliniques ou scientifiques, le plus souvent chez des lombalgiques sédentaires d'âge mûr (théoriquement susceptibles de présenter des troubles cardiovasculaires), aucune étude n'a examiné les modifications de la fréquence cardiaque (FC) et de la pression artérielle (PA).

Nous souhaitons explorer les répercussions cardiovasculaires des épreuves sélectionnées à l'Etape 3 (tests de FMV et de Sorensen) chez des sujets sains [148].

#### III.1.4.2. **Matériel et méthodes**

##### **Population**

Le groupe expérimental se compose de 20 adultes d'âge mûr : 10 sujets féminins ( $49 \pm 6$  ans,  $166 \pm 4$  cm,  $61.4 \pm 7$  kg) et 10 masculins ( $48.2 \pm 6$  ans,  $177 \pm 8$  cm,  $75.2 \pm 9$  kg), sédentaires ou sportifs de loisirs, et ne présentant aucun antécédent de lombalgie, ni de trouble cardiovasculaire. Les sujets masculins et féminins sont appariés en termes d'âge et d'IMC.

##### **Protocole expérimental**

Chaque sujet participe à une évaluation de la force isométrique maximale sur le dynamomètre David 110 et réalise le test d'endurance statique de Sorensen.

Trois investigateurs se chargent respectivement, de donner les instructions et d'enregistrer les performances (investigateur n°1), de noter la FC (investigateur n°2), et de mesurer la PA (investigateur n°3) (**Figure 24**).



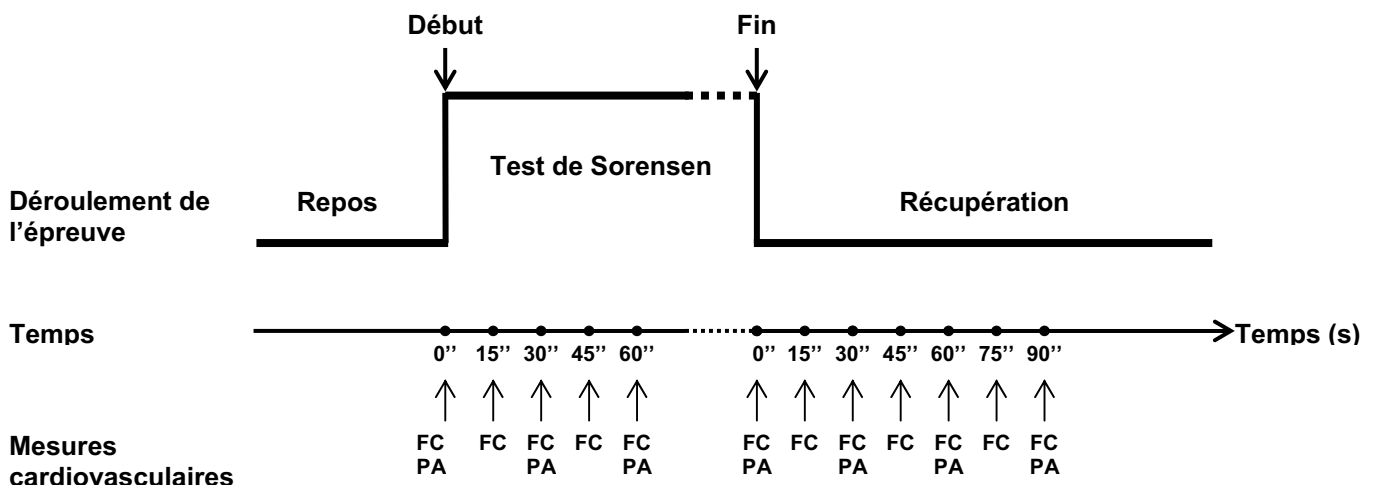
**Figure 24** : Mesure des paramètres cardiovasculaires par les 3 investigateurs  
— Investigateur n°1  
— Investigateur n°2  
— Investigateur n°3

## Matériel

La FC est acquise à l'aide d'un cardio-fréquencemètre (Polar®, Kempele, Finland) avec une résolution temporelle de 1Hz. La pression artérielle systolique (PAS) et diastolique (PAD) se mesurent à l'aide d'un stéthoscope (fixé sur le bras à l'aide d'une sangle élastique) et d'un brassard (positionné sur le bras gauche) relié à une colonne de mercure.

## Chronologie

La séance débute par l'évaluation de la force isométrique maximale des extenseurs du tronc sur le dynamomètre David Back 110 (au moyen de 4 efforts maximaux espacés d'une minute de repos (pour la procédure : voir page 42). La FC et la PA sont enregistrées avant chaque effort maximal. La PA est mesurée également immédiatement après chaque effort tandis que la FC maximale, atteinte généralement quelques secondes après la fin de l'effort, est notée. Cinq minutes après cette évaluation, les sujets sont soumis au test de Sorensen (pour la procédure : voir page 44). La FC et la PA sont mesurées au repos, durant l'effort (respectivement toutes les 15 et 30 s), au terme du test ainsi que durant les 90 premières secondes de la récupération (respectivement toutes les 15 et 30 s) (**Figure 25**).



**Figure 25** : Représentation schématique du déroulement du test de Sorensen et de la chronologie des mesures cardiovasculaires (FC : fréquence cardiaque ; PA : pression artérielle).

## Analyse statistique

Les différentes variables sont exprimées par leurs moyennes et leurs écart-types. Le test statistique de Shapiro-Wilk vérifie la normalité de la distribution de chaque variable. L'analyse statistique de l'évolution des différents paramètres cardiovasculaires nécessite un test

« ANOVA pour mesures répétées » associé au test de « Bonferroni » ou le test non paramétrique de Friedman.

La comparaison inter-sexe a été réalisée au moyen du « t-test » ou du test non paramétrique « U » de Mann-Withney.

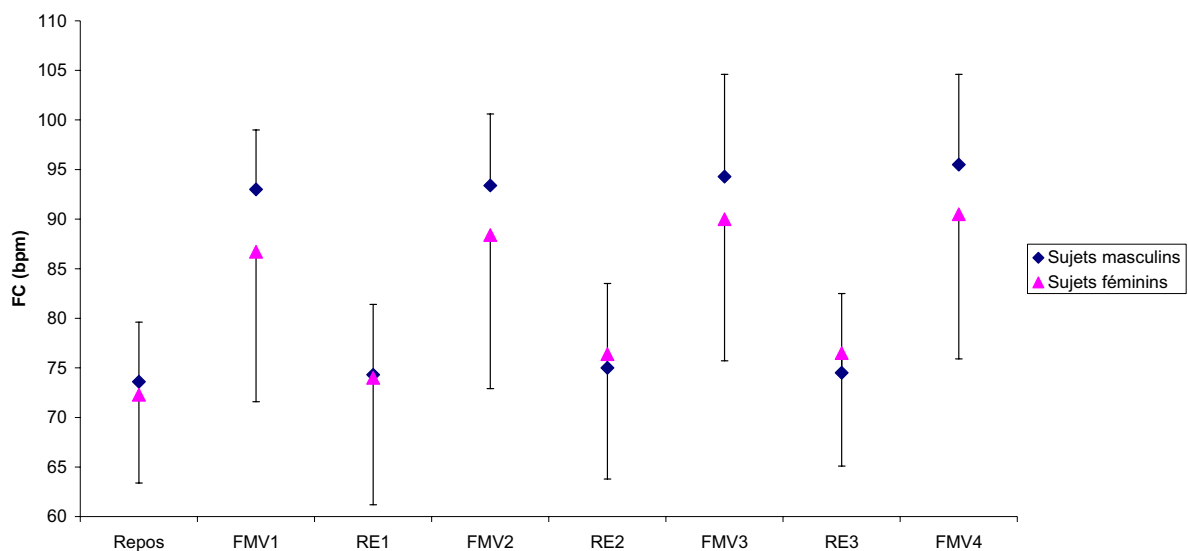
Le seuil de signification statistique est fixé à  $p < 0,05$ .

### III.1.4.3. Résultats

#### Force maximale volontaire (FMV)

Les moments de force absolus et relatifs des muscles extenseurs du tronc des sujets masculins ( $4,3 \pm 1 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ) sont apparus significativement plus élevés que ceux des sujets féminins ( $2,8 \pm 0,7 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ) ( $p < 0,05$ ).

Chaque contraction maximale augmente la FC ( $p < 0,05$ ), celle-ci retournant à sa valeur basale ( $\sim 75$  battements par minute (bpm)) après la récupération (une minute) (**Figure 26**). Les pics moyens successifs de FC maximale sont comparables ( $p > 0,05$ ) et sont compris entre 93 (Effort 1) et 96 bpm (Effort 4) chez les sujets masculins, et entre 87 (Effort 1) et 91 bpm (Effort 4) chez les sujets féminins. Les différences intersexuelles de repos et de fin d'effort demeurent non significatives. Les valeurs individuelles les plus élevées atteignent respectivement 123 bpm et 111 bpm chez les sujets masculins et féminins.



**Figure 26 :** Fréquence cardiaque au cours du test de force des extenseurs du tronc (moyennes +/- 1 écart-type).

FMV : effort de force maximale volontaire ; RE : récupération (1 minute) ; bpm : battements par minute.

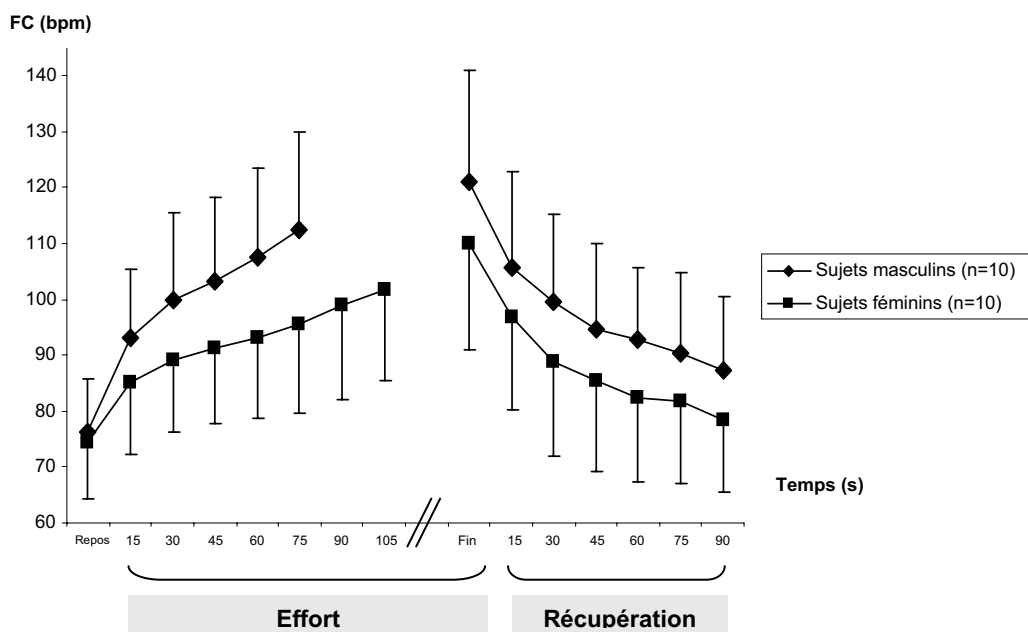
La PAS de repos atteint respectivement  $128 \pm 8$  mmHg et  $123 \pm 4$  mmHg chez les sujets masculins (H) et féminins (F) et s'élève significativement dans les suites de l'effort d'extension du tronc pour atteindre, en moyenne, des valeurs de  $141 \pm 8$  mmHg (H) et  $133 \pm 15$  mmHg (F). La PAD de repos ( $90 \pm 5$  mmHg (H) et  $86 \pm 4$  mmHg (F)) ne varie pas de façon significative à l'effort chez les sujets masculins et pas de façon systématique chez les sujets féminins.

Les PAS et PAD individuelles les plus élevées atteignent 165 et 105 mmHg dans le groupe masculin et 160 et 103 mmHg chez les sujets féminins. L'analyse statistique ne révèle aucune différence inter-sexuelle en termes de PAS et PAD ( $p > 0,05$ ).

### Test d'endurance

Le temps de maintien des sujets féminins dépasse celui des sujets masculins ( $184 \pm 65$  s versus  $145 \pm 43$  s).

Dans les deux groupes, nous observons une augmentation rapide et significative de la FC dès le début de l'épreuve (**Figure 27**), celle-ci persistant jusqu'au terme du test ( $p < 0,05$ ). Les valeurs individuelles les plus élevées atteignent respectivement 151 bpm et 135 bpm pour un sujet masculin et un sujet féminin. La FC diminue rapidement dès la fin de l'effort ( $p < 0,05$ ) mais, chez les sujets masculins, demeure, au terme des 90 secondes de récupération ( $87 \pm 13$  bpm), supérieure à la FC basale ( $76 \pm 10$  bpm).

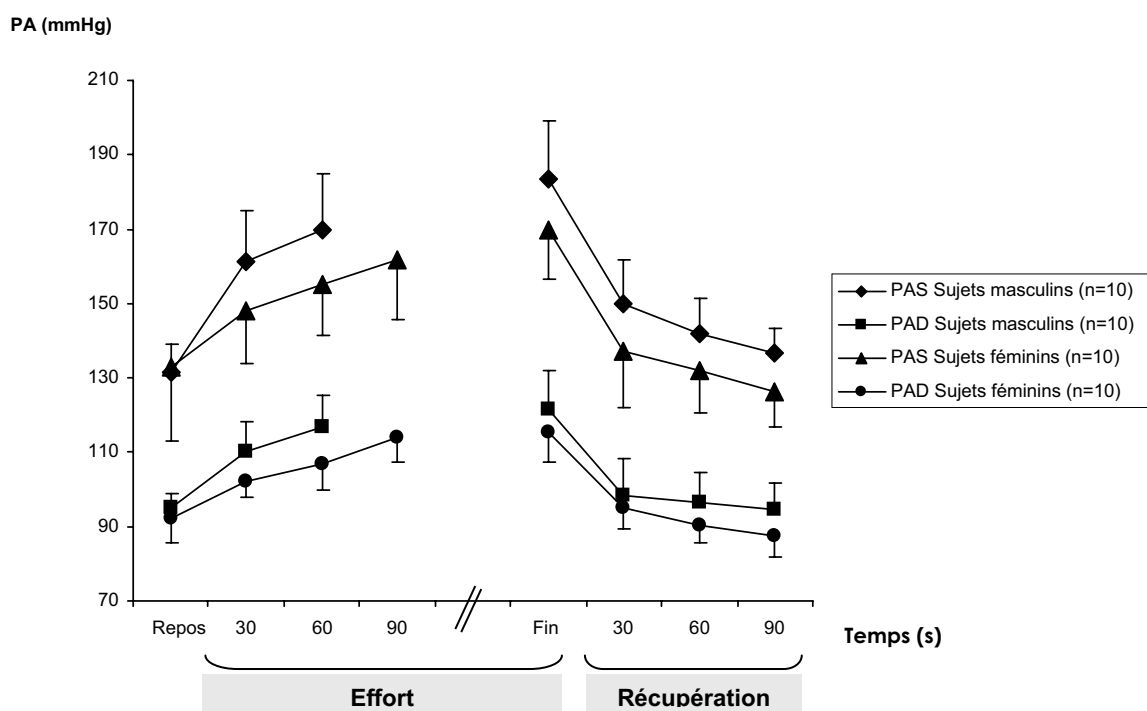


**Figure 27** : Fréquence cardiaque (FC) au repos, au cours du test de Sorensen et pendant la récupération (90 secondes) (moyennes +/- 1 écart-type).

bpm : battements par minute

La PA présente un profil similaire (**Figure 28**). Au terme de l'épreuve, les valeurs moyennes atteignent 183/122 mmHg (H) et 170/115 mmHg (F). Les valeurs individuelles les plus élevées atteignent respectivement 210/135 mmHg (H) et 192.5/130 mmHg (F). La PA diminue dès la fin de l'effort et rejoint la valeur basale endéans les 90 secondes de récupération.

Au niveau de la PAS, on note une différence inter-sexuelle au cours de l'effort et de sa récupération (**Figure 28**). Inversement, la PAD diffère selon le sexe uniquement au cours de cette dernière phase.



**Figure 28 :** Pression artérielle (PA) au repos, au cours du test de Sorensen et pendant la récupération (90 s) (moyennes +/- 1 écart-type).

PAS : pression artérielle systolique ; PAD : pression artérielle diastolique ; mmHg : millimètre de mercure.

#### III.1.4.4. Discussion

Les réponses cardiovasculaires résultant de contractions isocinétiques des muscles du tronc ont été décrites : augmentation de la FC atteignant 77% de la FC maximale théorique sans modification de la PAS chez des sujets jeunes (27 ans en moyenne) [567] et 90% de la FC maximale théorique chez des sujets âgés de 46 ans [596]. La capacité cardiorespiratoire constituerait un facteur limitant important de la performance. Dans une tranche d'âge intermédiaire (37 ans), la FC max atteint en moyenne 80% de la FC maximale théorique tandis que la PAS ne présente que des variations modérées [102]. Par ailleurs, l'arrêt du test isocinétique, en raison de malaise vagal, a parfois été évoqué [102,221].

Les réponses cardiovasculaires d'efforts isocinétiques ne peuvent être comparées à celles résultant d'efforts statiques. Les exercices dynamiques permettent, par l'alternance de phases de contraction et de repos, l'évacuation des catabolites, la livraison d'oxygène et des substrats nécessaires. Inversement, au cours d'efforts statiques d'intensité élevée, les vaisseaux sanguins irriguant le muscle sollicité sont comprimés, entraînant une diminution du flux sanguin local et une ischémie relative [290,397]. Les catabolites sont plus difficilement évacués [479], entraînant un effet vasopresseur qui engendre une augmentation de la FC et de la PA [194]. Les répercussions cardiovasculaires induites par les efforts isométriques dépassent généralement celles survenant à la suite de contractions dynamiques et ce, malgré une durée, une intensité et un volume musculaire identiques [397]. Des résultats contradictoires [308,320] ou l'absence de différence [431,676] entre les réponses cardiovasculaires liées aux efforts statiques et dynamiques ont néanmoins été rapportés.

Si les mesures directes constituent la méthode d'évaluation la plus fiable, elles apparaissent peu pratiques en clinique [417]. Pour cette raison, et malgré l'approximation de la PA réelle avec les mesures indirectes, nous avons évalué nos sujets au moyen de la méthode auscultatoire. Ses inconvénients étaient limités dans notre travail en raison de l'absence de mouvement, de vibration ou de bruit extérieur, reconnus comme des facteurs réduisant la qualité de la mesure de la PA [418,419].

Nous avons volontairement examiné des sujets sains sédentaires d'âge moyen. Ceux-ci constituent une population à risque pour les pathologies lombaires [71], qui est donc susceptible d'être soumise à une évaluation des muscles du tronc. Notre choix s'explique par la volonté d'exclure l'influence de la douleur, de la kinésiophobie, de l'anxiété, fréquemment relevées chez les lombalgiques chroniques [118].

L'épreuve de force maximale et le test d'endurance statique augmentent la fréquence cardiaque et la pression artérielle systolique. Inversement, la pression artérielle diastolique s'élève suite au test d'endurance, mais pas systématiquement après les contractions maximales. L'augmentation de ces paramètres cardiovasculaires, résultant de l'activation du système nerveux sympathique, reflète les sollicitations du système cardiovasculaire lors de tels efforts [519]. L'activation de la commande centrale et l'effet presseur réflexe (induit par les catabolites, les modifications de l'oxygénation musculaire et de l'équilibre acide-base,...) entraînent une réponse sympatho-excitatrice pendant l'effort [519,676].

### **Test de force maximale volontaire**

Les valeurs individuelles maximales de PAS, PAD et FC atteignent respectivement 165 mmHg, 105 mmHg, et 123 bpm (correspondant à 70% de la FC maximale théorique). Nos résultats suggèrent que le stress cardiovasculaire de ce type d'effort semble limité. Pourtant, lorsque l'intensité d'un effort excède 80% de la FMV, un Valsalva bref accentue l'augmentation de la PA [436] : la PA atteint 270/200 mmHg au cours d'un effort de soulèvement maximal des membres inférieurs [437]. Nos résultats pourraient s'expliquer par le caractère localisé de l'effort musculaire et par la mesure auscultatoire de la PA. Cette technique pourrait en effet sous-estimer la PA réelle [614] et empêcher une mesure instantanée de la PA maximale.

Bien que les sujets masculins présentent des moments de force absolus et relatifs plus élevés que les sujets féminins, aucune différence n'a été relevée entre les groupes au niveau cardiovasculaire.

### **Test d'endurance**

Contrairement aux exercices statiques de faible intensité (~10% de la FMV) au cours desquels les variables cardiovasculaires augmentent puis se stabilisent [397], nos résultats mettent en évidence une augmentation continue de la FC et de la PA ( $p < 0,05$ ). L'accroissement de la PAS et de la PAD s'explique par l'augmentation de la FC et du débit cardiaque, associée à une faible ou une absence de modification des résistances périphériques totales, ainsi que par l'élévation de la pression intrathoracique résultant de la manoeuvre de Valsalva [437]. L'augmentation de la PA pourrait également résulter d'un recrutement croissant d'unités motrices et de l'intervention progressive de muscles accessoires, entraînant un accroissement de la masse musculaire active [437].

Au terme du test, la FC, la PAS et la PAD atteignent respectivement 121 bpm, 183 mmHg, et 122 mmHg chez les sujets masculins, et 109 bpm, 170 mmHg, et 115 mmHg chez les sujets

féminins. Actuellement, l'American Heart Association recommande l'interruption des exercices si la PAS dépasse 250 mmHg et/ou si la PAD atteint 115 mmHg [223]. Une telle évaluation, si elle n'est pas limitée dans le temps, doit être évitée en cas de pathologie cardiovasculaire et elle sera éventuellement précédée d'un test à l'effort.

#### **III.1.4.5. Conclusions de l'étape 4**

Cette étude a mis en évidence les répercussions cardiovasculaires associées à des épreuves statiques destinées à l'évaluation des muscles du tronc.

- Le test de force semble peu sollicitant, mais nos observations devront être confirmées dans une étude mesurant la PA instantanée lors de ce type d'effort.
- Le test de Sorensen étant associé à une augmentation importante des paramètres cardiovasculaires, les sujets présentant un facteur de risque (antécédents cardiaques, âge > 40 ans, tabagisme) pourraient bénéficier d'une épreuve d'effort préalable.

### III.1.5. Etape 5 : Validation des tests

#### III.1.5.1. Objectifs

La validation d'un test clinique constitue une étape essentielle de l'étude de ses qualités métrologiques. L'épreuve doit réellement apprécier la variable cible, généralement en comparant l'épreuve étudiée avec une méthode « Gold standard ». Dans le cas précis de l'évaluation des muscles du tronc, soulignons l'absence d'une telle épreuve de référence.

Afin de quantifier l'implication des muscles rachidiens lors des épreuves sélectionnées (force maximale volontaire dynamométrique, Sorensen statique), nous avons opté pour une électromyographie de surface (**Etude A**).

Lors d'une étude complémentaire (**Etude B**), nous avons comparé le moment de force des extenseurs enregistré au moyen du dynamomètre David Back avec celui mesuré à l'aide d'un autre dynamomètre (Schnell).

#### III.1.5.2. Matériel et méthodes

##### Population

L'étude électromyographique (**Etude A**) s'adresse à 10 sujets masculins sédentaires ou sportifs de loisirs tandis que l'étude comparative inter-dynamométrique (**Etude B**) concerne 12 sujets masculins sportifs. Ces sujets ne présentent aucun antécédent de lombalgie ou traumatique au niveau des membres inférieurs. Leurs caractéristiques anthropométriques sont présentées dans le **tableau X**.

**Tableau X** : Caractéristiques anthropométriques des sujets [valeurs moyennes (m), écart-types (ET)].

	<b>Age (ans)</b> m (ET)	<b>Taille (cm)</b> m (ET)	<b>Poids (kg)</b> m (ET)
<b>Etude A</b> (n=10)	24,5 (2,9)	178 (7)	73,3 (7,4)
<b>Etude B</b> (n =12)	23,5 (3,2)	179 (8)	76,4 (6,8)

## Protocole expérimental

### ■ Etude A

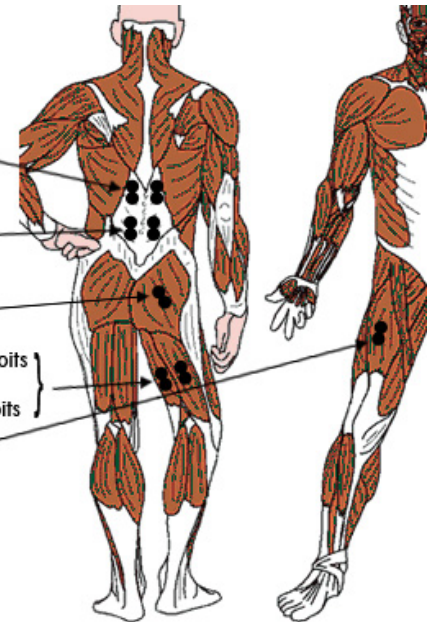
L'activité EMG de différents muscles rachidiens, pelviens et fémoraux est enregistrée lors du test de force maximale sur le dynamomètre David Back 110 et au cours du test de Sorensen afin de quantifier leur activation [739].

### Déroulement de la séance

#### a) Positionnement des électrodes

Huit paires d'électrodes sont positionnées comme suit (Figure 29) :

- paire n°1 : D10 à droite
- paire n°2 : D10 à gauche
- paire n°3 : L3 à droite
- paire n°4 : L3 à gauche
- paire n°5 : grand fessier droit
- paire n°6 : ischio-jambiers externes droits
- paire n°7 : ischio-jambiers internes droits
- paire n°8 : quadriceps droit



**Figure 29** : Positionnement des 8 paires d'électrodes.

Pour chaque paire d'électrodes, la peau du sujet sera initialement dégraissée à l'aide d'alcool, la distance inter-électrodes est fixée à 2cm et le placement est guidé par une palpation et/ou une contraction spécifique.

Les tracés (en microvolts) sont enregistrés à l'aide d'un électromyogramme de marque MEGA ME 3000 (Mega Electronics, Kuopio, Finland) disposant de 8 canaux (Figure 30) et associé au logiciel MEGAWIN.



**Figure 30** : Matériel d'électromyographie de surface.

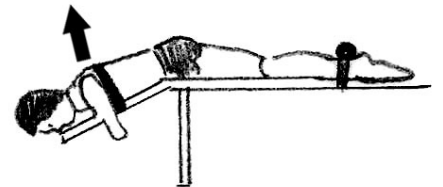
b) Les épreuves spécifiques préalables

Ces différentes épreuves déterminent le niveau d'activation maximale des muscles et permettent d'exprimer l'activité EMG lors de nos tests de manière relative (en pourcentage de l'activité maximale).

Afin d'apprécier une activité musculaire réellement maximale, chaque muscle est testé selon plusieurs modalités. Chacune est précédée d'un échauffement dynamique spécifique et d'une familiarisation (contractions isométriques d'intensité croissante). Le sujet réalise alors deux contractions isométriques maximales (séparées d'une min) d'une durée de 3-4 s au cours desquelles l'activité EMG maximale est enregistrée.

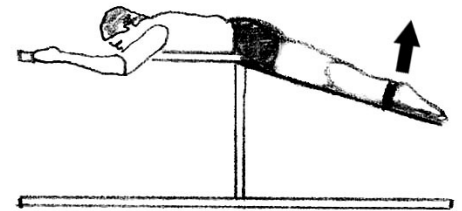
- TEST 1 : « Sorensen résisté » (muscles cibles : D10, L3, grand fessier, ischio-jambiers).

L'évaluation se réalise sur un banc d'angle. Le sujet, positionné et sanglé en décubitus ventral, avec le tronc fléchi à 30° et les bras croisés sur la poitrine, réalise une extension maximale isométrique du tronc contre la sangle.



- TEST 2 : « Sorensen inversé » (muscles cibles : D10, L3, grand fessier, ischio-jambiers).

Le sujet, en décubitus ventral sur le banc d'angle, hanches fléchies à 30° et membres inférieurs sanglés, réalise un effort isométrique maximal d'extension de hanche.



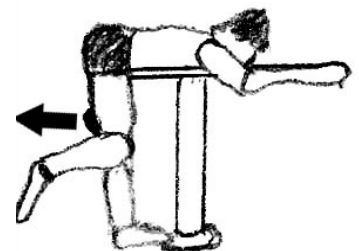
- TEST 3 : « Petit pont » (muscles cibles : grand fessier, ischio-jambiers).

En décubitus dorsal, jambes fléchies à 90° et bassin fixé, le sujet réalise un effort maximal de soulèvement du bassin.



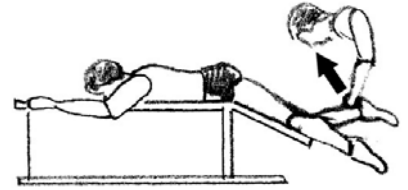
- TEST 4 : « Extension hanche » (muscle cible : grand fessier).

En décubitus ventral sur le siège d'un dynamomètre isocinétique, jambes en débord de table, la hanche et le genou droits fléchis à 90°, le sujet réalise une extension isométrique maximale de la hanche droite en maintenant activement le genou fléchi.



- TEST 5 : « Flexion genou coucher ventral » (muscles cibles : ischio-jambiers, D10, L3, grand fessier).

En décubitus ventral sur le banc d'angle, hanches fléchies à 45° et genou droit fléchi à 30°, le sujet réalise une flexion isométrique maximale du genou droit.



- TEST 6 : « Flexion genou assis » (muscles cibles : ischio-jambiers).

Assis sur un dynamomètre isocinétique, genou fléchi à 30°, le sujet réalise une flexion isométrique maximale du genou droit.



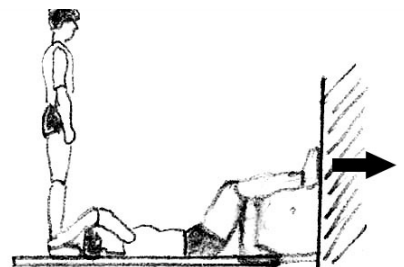
- TEST 7 : « Extension genou et flexion hanche » (muscle cible : droit antérieur du quadriceps).

Assis sur un dynamomètre isocinétique, le genou droit fléchi à 60°, le sujet réalise simultanément une extension maximale du genou et une flexion de hanche.



- TEST 8 : « La presse » (muscles cibles : droit antérieur du quadriceps et grand fessier).

Couché sur le sol, hanches fléchies à 60° et pied droit en appui contre un mur (genou droit fléchi à 60°), le sujet réalise une poussée unipodale maximale contre le mur.



#### c) Epreuves principales :

- **Test de Sorensen** (pour la procédure, voir page 44).

Au signal, le sujet maintient activement son tronc au niveau de l'horizontale, pendant 5 secondes. Nous enregistrons l'activité EMG moyenne au cours de cette durée.

- **Test de force isométrique maximale volontaire.**

L'installation des sujets, la familiarisation et la réalisation de l'épreuve sont conformes à la description se trouvant page 42. Le sujet réalise trois contractions isométriques maximales d'une durée de 3 à 4 secondes (espacées d'une min). Nous enregistrons l'activité EMG maximale des différents groupes musculaires.

## ■ Etude B

Cette étude comparative inter-dynamométrique comprend deux séances d'évaluation des extenseurs du tronc, espacées d'une à deux semaines, dans deux centres différents (le Centre Hospitalier Universitaire de Liège, équipé de machines David Back, et le Centre Hospitalier Luxembourgeois disposant de dynamomètres Schnell) (**Figure 31**) et se succédant de manière aléatoire. Le protocole évaluatif (voir page 42) est identique lors des deux séances. Un expérimentateur, propre au centre, positionne le sujet en fonction des recommandations de chaque constructeur.



**Figure 31** : Dynamomètres d'extension du rachis David Back 110 (A) et Schnell (B).

### Analyse statistique

Les différentes variables ont été exprimées sous forme de moyenne et d'écart-type. Le seuil de signification statistique est fixé à 5%. Le test statistique de normalité de Shapiro-Wilk vérifie si la distribution de chaque variable étudiée est normale. La comparaison de l'activation des différents muscles a été réalisée au moyen d'une ANOVA, associée au test de « Bonferroni », ou du test non paramétrique de Friedman. La comparaison des moments de force enregistrés au moyen des dynamomètres David Back et Schnell a été réalisée au moyen du « t-student » pour échantillon apparié.

L'analyse corrélative, qui examine les relations entre ces performances, a été menée à l'aide du « test de Pearson ».

### III.1.5.3. Résultats








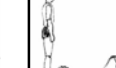
#### ■ Etude A

- Epreuves spécifiques préalables

L'activation musculaire maximale correspond aux épreuves suivantes (**Tableau XI**) :

**Tableau XI** : Nombre de sujets présentant une activité EMG maximale en fonction des différents tests et des différents groupes musculaires.

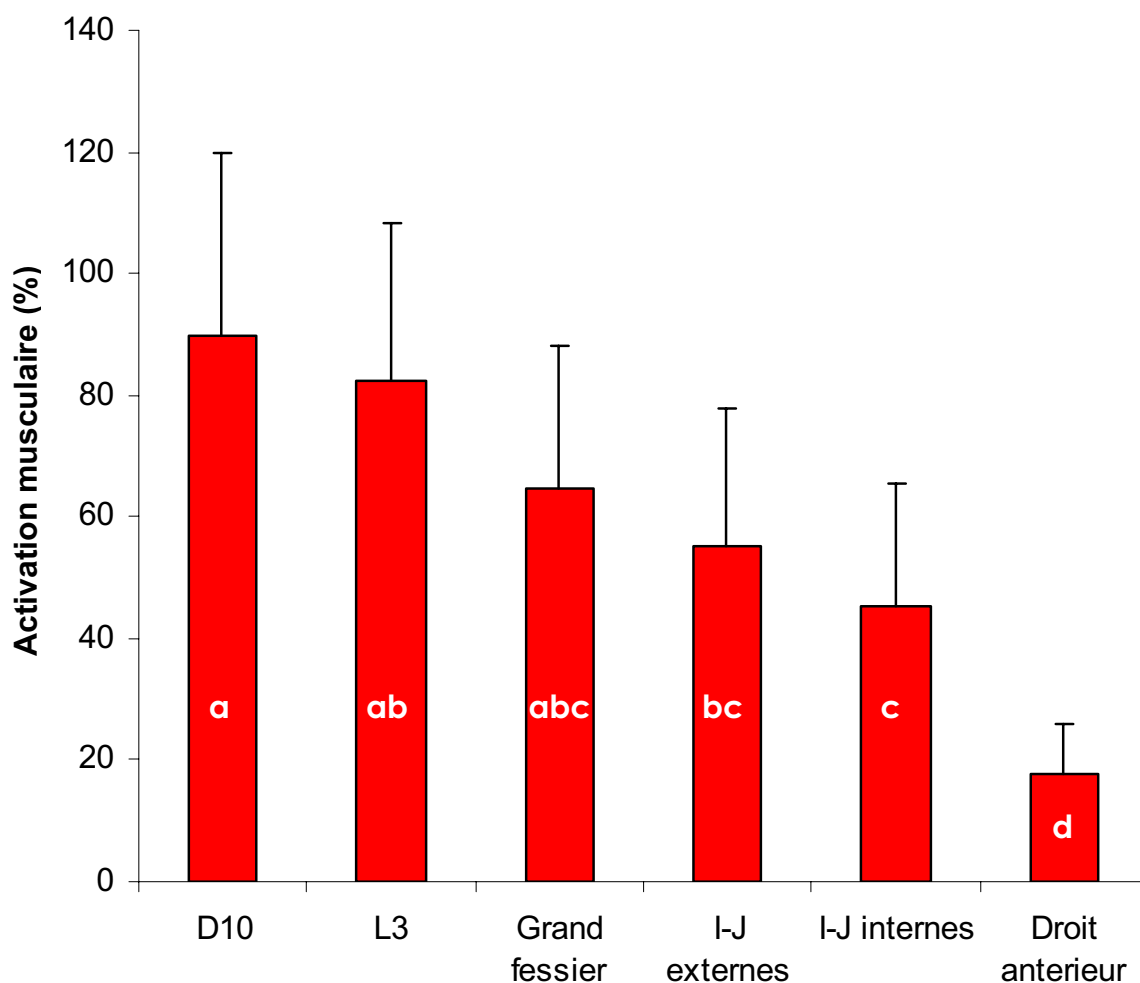
Test 1 : « Sorensen résisté », Test 2 : « Sorensen inversé », Test 3 : « Petit pont », Test 4 : « Extension hanche », Test 5 : « Flexion genou coucher ventral », Test 6 : « Flexion genou assis », Test 7 : « Extension genou et flexion hanche », Test 8 : « Presse ».

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
n = 10 sujets								
<b>D10 droit</b>	4	3	2		1			
<b>D10 gauche</b>	5	3			2			
<b>L3 droit</b>	8		2					
<b>L3 gauche</b>	5	2	3					
<b>Grand fessier</b>	3	1	2	4				
<b>I-J externes</b>	1	6			2	1		
<b>I-J internes</b>		1	1	1	1	6		
<b>Droit antérieur Quadriceps</b>							10	

Ce tableau indique que les tests 1 et 2 entraînent une activité EMG maximale au niveau des paravertébraux et ce, pour la majorité des sujets. Alors que le droit antérieur du quadriceps est activé de façon maximale au cours d'une seule et même épreuve pour tous les sujets (test 7), l'activité EMG maximale des muscles extenseurs de hanche (grand fessier et I-J) est enregistrée au cours d'épreuves différentes selon les sujets.

○ Test de force maximale

Les résultats ne démontrant aucune différence bilatérale, l'activité des muscles au niveau de D10 et L3 a été moyennée. La **Figure 32** représente l'activation musculaire (exprimée en % de l'activation maximale enregistrée au cours des épreuves spécifiques) des muscles rachidiens, pelviens et fémoraux, lors du test de force maximale sur le dynamomètre David Back 110.



**Figure 32** : Pourcentage d'activation musculaire moyen (+ 1 écart-type) enregistré lors du test de FMV des muscles extenseurs sur le dynamomètre d'extension.

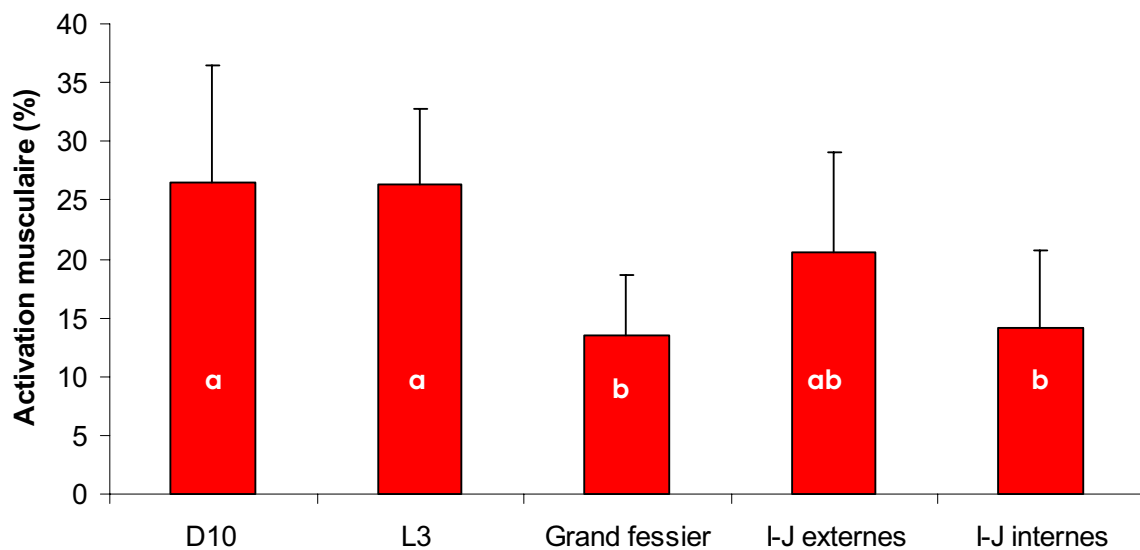
Des lettres différentes représentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

Les résultats indiquent une sollicitation très élevée pour les muscles rachidiens (90% au niveau D10, et 83% en L3), élevée pour les extenseurs de hanche (65% pour le grand fessier, 55% pour les I-J externes et 45% pour les I-J internes) et faible pour le chef droit antérieur du quadriceps (20%).

- Test de Sorensen

Les résultats ne mettant en évidence aucune différence bilatérale, l'activité des muscles au niveau de D10 et L3 a été moyennée.

Le graphique ci-dessous (**Figure 33**) représente l'activation (exprimée en % de l'activation maximale enregistrée au cours des épreuves spécifiques) des muscles rachidiens, pelviens et fémoraux lors du test de Sorensen (maintien statique pendant 5 secondes).



**Figure 33** : Pourcentage d'activation musculaire moyen (+1 écart-type) enregistré lors du test de Sorensen.

Des lettres différentes représentent une différence significative ( $p < 0,05$ ).

Les résultats révèlent une modeste activation musculaire avec par ordre décroissant : D10 (26,5%), L3 (26,3%), I-J externes (20,6%), I-J internes (14,1%) et Grand Fessier (13,5%).

## ■ Etude B

Les moments de force maximale des extenseurs du tronc développés sur la machine Schnell ( $412 \pm 85$  N.m) étaient significativement plus élevés ( $p < 0,001$ ) que ceux relevés avec le dynamomètre David Back ( $362 \pm 79$  N.m). Ces moments de force sont significativement corrélés entre eux ( $r = 0,93$  et  $p < 0,001$ ).

### III.1.5.4. Discussion

Bien que les épreuves sélectionnées soient principalement destinées à l'évaluation des performances des muscles du tronc de lombalgiques, nos deux études s'adressent à des étudiants sains. Notre choix se justifie par les contraintes expérimentales (enregistrement électromyographique dans l'étude A et éloignement du centre disposant des machines Schnell (Luxembourg) dans l'étude B) et la plus grande disponibilité des étudiants. De plus, théoriquement, les sujets sains ne présentent aucun phénomène d'inhibition, de craintes et de douleurs, fréquemment évoqués chez les patients douloureux chroniques [117,293,748]. Il serait néanmoins pertinent dans une étude ultérieure d'inclure des sujets lombalgiques afin d'apprécier leur pattern de recrutement musculaire et de réaliser une étude comparative des dynamomètres en termes de confort et de douleurs provoquées lors des épreuves.

#### ■ **ETUDE A**

##### Tests préliminaires

Cette étude enregistre l'activité électromyographique lors du test dynamométrique de force maximale volontaire et du test d'endurance de Sorensen. Afin de quantifier l'activité EMG en pourcentage d'activation musculaire maximale, un processus de normalisation a été utilisé [411]. Les sujets étaient soumis à plusieurs contractions maximales spécifiques afin de proposer, pour chaque groupe musculaire, différentes épreuves entraînant l'activité EMG la plus élevée [337,745]. Conformément aux principes biomécaniques et à des études antérieures [374], le recrutement maximal intervient généralement lors d'une épreuve sollicitant l'action principale du muscle concerné.

Une étude antérieure, quantifiant l'activation des muscles du tronc, précise que le recrutement maximal des ischio-jambiers est observé pour les tests « Sorensen résisté » et « Flexion genou en coucher ventral » [374]. Nos résultats indiquent une activité maximale de ces muscles lors des TESTS 6 (Flexion genou en assis) et 2 (« Sorensen inversé »).

##### Force maximale

La littérature ne relate aucune information relative à l'activation musculaire lors d'efforts de FMV réalisés sur les machines David Back. Seul Denner [155] signale qu'un effort isométrique maximal réalisé dans des conditions similaires (David 110 en présence du système de fixation du bassin « Hip Lock ») entraîne une sollicitation des muscles paravertébraux se situant entre 80 et 100% de l'activité EMG maximale tandis que l'activation des muscles biceps fémoral, grand fessier et chef droit antérieur du quadriceps n'atteint respectivement que 18%, 26% et 5%.

Cependant, cet auteur ne fournit guère d'information méthodologique concernant notamment la normalisation de l'activité EMG. Nos résultats confirment un haut niveau d'activation des paravertébraux (83-90%) et, par contre, précisent une activité soutenue des extenseurs de hanche (grand fessier : 65% ; ischio-jambiers : 45-55%). Le test de FMV ne constitue donc pas une évaluation spécifique des extenseurs rachidiens et ce, malgré la présence d'un système théoriquement efficace pour « court-circuiter » les muscles pelvi-fémoraux [242]. Celui-ci apparaît uniquement efficace pour inhiber l'activation du droit antérieur du quadriceps [739].

Au niveau d'autres dynamomètres (MedX), la faible influence de la stabilisation du bassin sur le niveau d'activation avait été rapportée pour les muscles paravertébraux lombaires [762], fessiers et ischio-jambiers [632,718].

### Test de Sorensen

Le test de Sorensen nécessite un effort sous maximal des extenseurs du tronc : l'activation des muscles paravertébraux reste inférieure à 30% de l'activité EMG maximale confirmant que l'activité électromyographique des extenseurs du rachis ne dépassent que rarement 40% de son activité maximale [575,576]. Une réduction de l'oxygénation tissulaire au niveau des muscles spinaux s'observe dès que l'intensité de contraction dépasse 2% de la force maximale volontaire (FMV) [498] ; une occlusion vasculaire complète semble intervenir pour une contraction supérieure à 40% de la FMV [49]. Compte tenu du temps de maintien (supérieur à deux minutes) et du pourcentage d'activation observé, l'épreuve de Sorensen semble engendrer une occlusion sanguine partielle et solliciter de manière mixte les filières énergétiques aérobie et anaérobies. Un dosage local d'acide lactique pourrait objectiver la participation de la filière anaérobie lactique, conséquence de la réduction de l'oxygénation musculaire au cours de cette épreuve [349].

Certains auteurs considèrent que le test de Sorensen évalue spécifiquement les muscles du dos [9]. Notre travail démontre la participation simultanée des extenseurs de hanche : le pourcentage d'activation des grands fessiers, ischio-jambiers internes et externes atteint 15 à 20% de leur activité EMG maximale, confirmant ainsi diverses observations antérieures [19,502,574,576]. Arokosky et al. [19] ainsi que Plamondon et al. [576] constatent une activité électromyographique plus importante des paravertébraux par rapport aux extenseurs de hanche et précisent une activation du grand fessier inférieure à 15% de l'activité EMG maximale.

La quantification de l'activation des muscles extenseurs du tronc lors d'épreuves dynamiques [515], et notamment la variante dynamique du test de Sorensen, a également fait l'objet de

quelques publications et ce, bien que la normalisation d'un effort dynamique par rapport à un effort isométrique ne semble pas pertinente. Ainsi, Konrad et al. [374] constatent une activation atteignant pour les muscles extenseurs du rachis en L3, grands fessiers et I-J internes respectivement 52%, 32% et 24% de l'activité EMG maximale. La contribution des extenseurs de hanche s'accroît et dépasse celle des paravertébraux si l'intensité ou le nombre de répétitions augmentent [97].

## ■ **ETUDE B**

Cette étude compare 2 dynamomètres évaluant la FMV des muscles extenseurs du tronc. Quelques travaux de compatibilité concernent les dynamomètres rachidiens isocinétiques [77,245,315], mais aucun n'évalue isométriquement les muscles du tronc. Ces études indiquent globalement une absence de compatibilité et une faible corrélation inter-machines liées vraisemblablement à des différences conceptuelles (au niveau des systèmes de régulation de la vitesse, de compensation de la gravité, de positionnement du sujet et de stabilisation du bassin [245,315]).

Nous souhaitons comparer les valeurs quantitatives recueillies par deux dynamomètres de marques différentes (David Back et Schnell constituent deux constructeurs implantés en Europe Occidentale) et vérifier la présence de corrélations entre les performances enregistrées. Nous avons standardisé le protocole de l'épreuve (échauffement, familiarisation, angle de flexion du tronc (30°), consignes, nombre d'essais, durée de contraction et temps de repos).

Les moments de force maximale des extenseurs du tronc développés sur la machine Schnell se sont avérés plus élevés que ceux obtenus sur le dynamomètre David Back. Ces observations peuvent s'expliquer par une position différente des membres inférieurs : l'absence d'appui podal sur les machines Schnell pourrait entraîner une moindre fixation du bassin [239]. La relation significative entre ces valeurs ( $r=0,93$  et  $p=0,001$ ) suggère que les dynamomètres évaluent une même composante. Nous avons également exprimé nos mesures en valeur relative des normes fournies par chaque constructeur et ces valeurs relatives sont également significativement corrélées ( $r=0,69$  et  $p<0,05$ ). Ces observations suggèrent une interprétation similaire des résultats par le logiciel spécifique à chaque dynamomètre. Ainsi, la mise en évidence d'un déficit musculaire et la décision de renforcer les muscles extenseurs s'avéreront identiques d'un centre à l'autre.

Par ailleurs, les MFM d'étudiants sportifs (minimum de cinq à huit heures de sport par semaine), enregistrés sur le dynamomètre David Back, apparaissent significativement supérieurs à ceux

rapportés dans une étude antérieure qui évalue des étudiants sédentaires ou sportifs de loisirs [149]. L'influence favorable d'une pratique sportive régulière sur la force des extenseurs du tronc a déjà été rapportée [15,531].

### **III.1.5.5. Conclusions de l'étape 5**

Cette étude a examiné la validité d'épreuves destinées à l'évaluation des muscles du tronc.

- Les tests de force maximale et de Sorensen sollicitent préférentiellement les muscles paravertébraux ; une coactivation des extenseurs de hanche est présente.
- La comparaison inter-dynamométrique objective des différences quantitatives ; la relation élevée entre les mesures suggère cependant l'évaluation d'une même variable.

### III.1.6. Conclusions du chapitre III.1

- Le test de FMV réalisé sur le dynamomètre David Back et le test de Sorensen constituent des épreuves reproductibles et bien tolérées. La réalisation à deux reprises du test de Sorensen semble néanmoins préférable et ce, particulièrement chez les lombalgiques afin de ne pas sous-estimer leurs performances.
- Le test de Sorensen entraînant une sollicitation cardio-vasculaire non négligeable, il semble préférable de soumettre les sujets présentant un facteur de risque (antécédents cardiaques, âge > 40 ans, tabagisme) à une épreuve d'effort préalable.
- Ces épreuves, qui sollicitent de façon préférentielle les muscles paravertébraux, ne pourront néanmoins être considérées comme spécifiques des muscles spinaux en raison d'une activation simultanée des extenseurs de hanche.
- La comparaison des dynamomètres David Back et Schnell rapporte des différences quantitatives qui compromettent les comparaisons inter-centres ; la corrélation élevée entre les mesures suggère une évaluation commune d'une même variable.

## III.2. PERFORMANCES PHYSIQUES DU SUJET LOMBALGIQUE CHRONIQUE

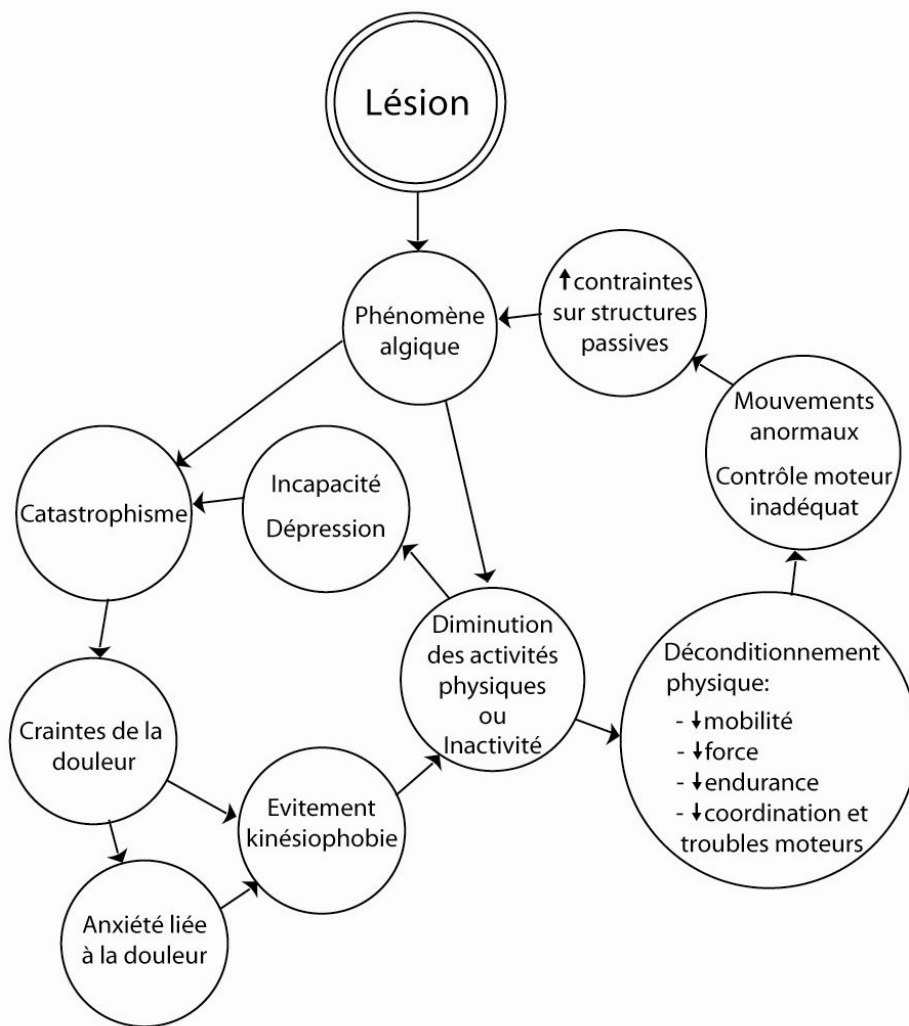
### III.2.1. Introduction

Lors du traitement de la lombalgie commune, le recours systématique au repos avec de longues périodes d'inactivité physique et professionnelle ne peut se justifier [367,743]. L'inactivité entraîne un déconditionnement physique néfaste et régulièrement associé à des conséquences biologiques, comportementales et psychosociales [56,488,743]. Cette désadaptation à l'effort s'expliquerait également par la douleur, l'anxiété et la kinésiophobie (« état de peur excessive, irrationnelle et handicapante du mouvement et d'activité physique, résultant d'un sentiment de vulnérabilité à l'apparition ou la réapparition du mal » [375,750]) entraînant les patients douloureux chroniques à limiter leurs activités physiques [375,743,750,756].

Le déconditionnement physique s'observe également dans d'autres affections chroniques (fibromyalgie, syndrome de fatigue chronique) [34,474]. Chez le lombalgique chronique, ce syndrome de déconditionnement, qui surviendrait après quatre à six mois d'inactivité [235,490], implique l'association de quatre critères physiques [486,488] :

- Perte de flexibilité lombo-pelvi-fémorale,
- Diminution de force et d'endurance, touchant particulièrement les extenseurs du tronc,
- Réduction des capacités fonctionnelles et désadaptation cardio-respiratoire à l'effort,
- Inhibition neuro-musculaire.

La diminution des activités physiques serait responsable d'une atrophie des muscles paravertébraux qui perdraient leur fonction protectrice et stabilisatrice, favorisant la persistance et la majoration des phénomènes algiques lors des activités [697]. Les patients s'enferment dans un cercle vicieux associant diminution de leurs capacités physiques, accentuation des sensations nociceptives, désinsertion socio-professionnelle et état dépressif [409,548] (**Figure 34**). La kinésiophobie, fréquemment relevée chez les sujets douloureux chroniques [202,750] renforce le cercle vicieux dans lequel se trouve le patient [409].



**Figure 34 :** Cercle vicieux associant la kinésiophobie et le déconditionnement physique de la lombalgie chronique

D'après Vlaeyen et Linton [750], Leeuw et al. [409], et Taimela [697].

Le déconditionnement physique participerait ainsi à la chronicité de la lombalgie [743,749,760], justifiant l'évaluation physique des lombalgiques et la mise en place de programmes de réentraînement à l'effort. De nombreuses études ont confirmé une diminution de la pratique d'activités physiques et des performances musculaires des lombalgiques chroniques [134,547,666,728]. Le caractère systématique du déconditionnement physique lié à la lombalgie chronique ne recueille cependant pas l'unanimité [665,667,744,772].

Cet état des lieux contrasté justifie une évaluation personnelle objective et comparative des performances physiques des patients lombalgiques chroniques.

### III.2.2. Objectifs

Cette étude compare, chez des sujets lombalgiques et sains appariés, les performances des extenseurs du tronc mais également d'autres muscles du tronc et des membres inférieurs ainsi que du système cardio-respiratoire. Cette étude permettra également d'examiner les différences inter-sexuelles.

### III.2.3. Matériel et méthodes

#### III.2.3.1. Population

Après avoir été examinés par un spécialiste en Médecine Physique, 114 sujets, souffrant de lombalgie chronique depuis en moyenne  $11 \pm 8$  ans, participent à cette étude. Leurs scores douloureux (EVA de la douleur) et fonctionnel (questionnaire de Dallas) atteignent respectivement  $32 \pm 18$  u.a. et  $33 \pm 16\%$ . Notre étude comporte également 114 sujets sains, sédentaires ou sportifs de loisirs, appariés au groupe LBC en termes d'âge, de poids et de taille corporelle (**Tableau XII**).

Les critères d'exclusion, communs aux deux groupes, concernent la présence de troubles psychologiques ou cardiovasculaires, d'ostéoporose, de douleurs diffuses et d'antécédents chirurgicaux du rachis ou traumatiques, susceptibles d'influencer les résultats. Les critères d'exclusion spécifiques du groupe LBC sont la présence d'une composante neurologique (sciatalgie), une douleur sévère (score EVA de la douleur  $> 70$  u.a.) et la participation antérieure à un programme de réconditionnement physique.

**Tableau XII** : Caractéristiques anthropométriques des groupes expérimentaux [valeurs moyennes (m), écart-types (ET)].

	Sains féminins (n=57) m (ET)	LBC féminins (n=57) m (ET)	Sains masculins (n = 57) m (ET)	LBC masculins (n=57) m (ET)
Age (ans)	48,2 (7,7)	48,4 (8,8)	45,5 (8,1)	45 (9,9)
Poids (kg)	65,2 (10,3)	66,7 (11,6)	81,3 (11,9)	82,6 (11,8)
Taille (cm)	165 (6)	165 (6)	178 (7)	177 (6)

Compte tenu du nombre élevé d'évaluations et afin de ne pas exagérer la contribution expérimentale de nos sujets, plusieurs sous-groupes ont été constitués, chacun étant soumis à un nombre restreint d'épreuves. Cette procédure implique que certains tests aient été réalisés par un nombre différent de sujets. Par contre, nous avons veillé à ce que pour un test donné,

le nombre de sujets masculins et féminins d'une part, et lombalgiques et sains d'autre part, soit équivalent (**Tableau XIII**).

**Tableau XIII** : Nombre de sujets ayant participé aux différentes épreuves d'évaluation.

LBC = lombalgique chronique ; FMV = test de la force maximale volontaire ; Ext = muscles extenseurs ; End = Endurance ; FI = muscles fléchisseurs ; LF = muscles latérofléchisseurs ; Rot = muscles rotateurs ; Abdo = abdominaux ; RMF = épreuve de résistance musculaire à la fatigue ; MI = membre inférieur ; C-R = cardio-respiratoire.

		Sains féminins	LBC féminins	Sains masculins	LBC masculins
		n	n	n	n
<b>Force Tronc</b>	FMV Ext	47	47	47	47
	FMV FI	25	25	25	25
	FMV LF	25	25	25	25
	FMV Rot	25	25	25	25
<b>End Tronc</b>	End Ext du tronc (Sorensen)	37	37	37	37
	End Abdominaux (McQuade)	10	10	10	10
<b>FMV MI</b>	FMV isoc FI-Ext genou	15	15	15	15
<b>RMF MI</b>	RMF isoc FI-Ext genou	15	15	15	15
<b>End C-R</b>	End cardio-respiratoire	15	15	15	15

### III.2.3.2. Protocole expérimental

- L'évaluation de la force isométrique maximale volontaire des extenseurs du tronc se réalise au moyen du dynamomètre David Back 110 conformément à la description antérieure (page 42). De manière additionnelle, 15 sujets de chaque groupe expérimental seront soumis, préalablement au test, à une EVA de kinésiophobie (0 = pas de crainte de ressentir des douleurs et 100 = terrorisé à l'idée de forcer au maximum) et à une EVA de la douleur au terme du test.
- L'évaluation de la force isométrique maximale des fléchisseurs, latéro-fléchisseurs et rotateurs du tronc se réalise respectivement sur les dynamomètres David Back 130, 150 et 120 dans les suites de l'évaluation des extenseurs et selon une procédure identique (échauffement dynamique, étirements spécifiques, contractions sous-maximales de

familiarisation et contractions maximales) (**Figure 35**). Les fléchisseurs sont évalués à 0° de flexion du tronc, le positionnement du sujet étant identique à celui adopté sur le dynamomètre d'extension. Pour les muscles latérofléchisseurs et rotateurs, l'évaluation se réalise à 30° par rapport à la position de référence et examine les muscles droits avant les muscles gauches. En présence d'un déséquilibre (caractérisé par une différence droite-gauche supérieure à 5 %), un essai supplémentaire est autorisé du côté déficitaire.



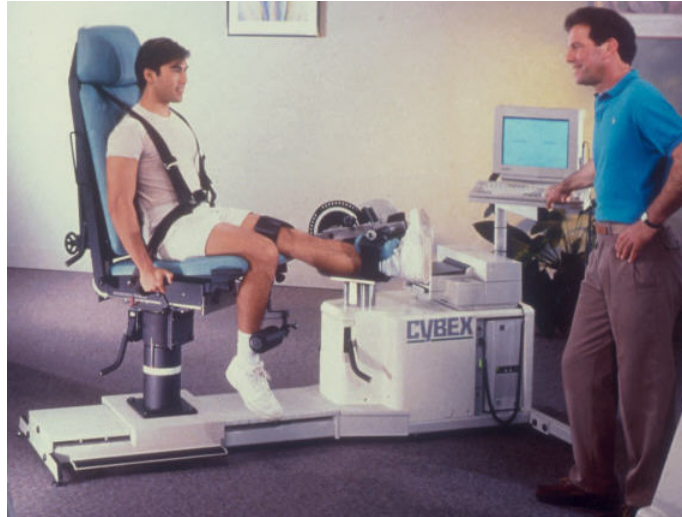
**Figure 35** : Evaluation de la force maximale volontaire des fléchisseurs, latérofléchisseurs et rotateurs droits du tronc.

- L'endurance des muscles extenseurs du tronc s'apprécie par le test de Sorensen (page 44) réalisé à deux reprises (espacées de 15 minutes), la meilleure performance étant retenue.
- L'évaluation de l'endurance statique des muscles abdominaux se réalise à l'aide du test de McQuade [504]. En décubitus dorsal sur une table d'examen, les genoux fléchis à 90°, les pieds (non fixés) reposant sur la table, les mains placées aux oreilles avec les coudes fléchis et dirigés vers l'avant, le sujet redresse le tronc jusqu'à un trait, tracé préalablement au niveau de l'angle inférieur de l'omoplate (**Figure 36**). Une fois cette position acquise, le sujet doit la maintenir le plus longtemps possible (mesure du temps de maintien par un chronomètre). Le test s'arrête dès que le sujet ne parvient plus à maintenir la position initiale malgré les encouragements et les rappels prodigués par l'examineur. Ce test se réalise à deux reprises, espacées de 15 minutes, et seule la meilleure performance est retenue [152].



**Figure 36** : Endurance statique des abdominaux .

- L'évaluation isocinétique (Cybex Norm, Henley Healthcare, Sugarland, Texas, USA) de la force et la résistance musculaire à la fatigue (RMF) des fléchisseurs et extenseurs du genou concerne le membre inférieur dominant (**Figure 37**). L'évaluation est précédée d'un échauffement sur bicyclette ergométrique à une charge de 50-60 watts pendant 5 min, suivi d'étirements des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou. La familiarisation au dispositif isocinétique comporte 15 contractions des fléchisseurs et extenseurs du genou, d'intensité progressivement croissante, à la vitesse angulaire de  $120^{\circ}.s^{-1}$ , l'amplitude articulaire étant fixée à  $100^{\circ}$ .



**Figure 37** : Dynamomètre isocinétique appréciant la force et la résistance musculaire à la fatigue des fléchisseurs et extenseurs du genou.

L'évaluation de la force concentrique maximale (FMV) se réalise successivement aux vitesses angulaires de  $60^{\circ}.s^{-1}$  (3 répétitions maximales) et de  $180^{\circ}.s^{-1}$  (5 répétitions maximales). Une récupération d'une minute est accordée entre les deux modalités de test. Le sujet s'adapte à chacune des deux vitesses à l'aide de 3 contractions sous-maximales préalables. Nous mesurons les moments de force maximale (N.m) développés par les fléchisseurs et extenseurs de genoux ainsi que le même paramètre exprimé en valeur relative (N.m.kg<sup>-1</sup>).

L'épreuve de résistance musculaire à la fatigue (RMF) impose un enchaînement de 30 flexions-extensions concentriques du genou, à intensité maximale, à la vitesse angulaire de  $180^{\circ}.s^{-1}$ . Celle-ci se déroule une minute après l'évaluation de la force musculaire. Les paramètres étudiés sont le travail cumulé (en Joules, J), correspondant au travail total et cumulé développé par les fléchisseurs et extenseurs du genou au cours des 30 contractions. Ce paramètre est également exprimé en valeur relative (J.kg<sup>-1</sup>).

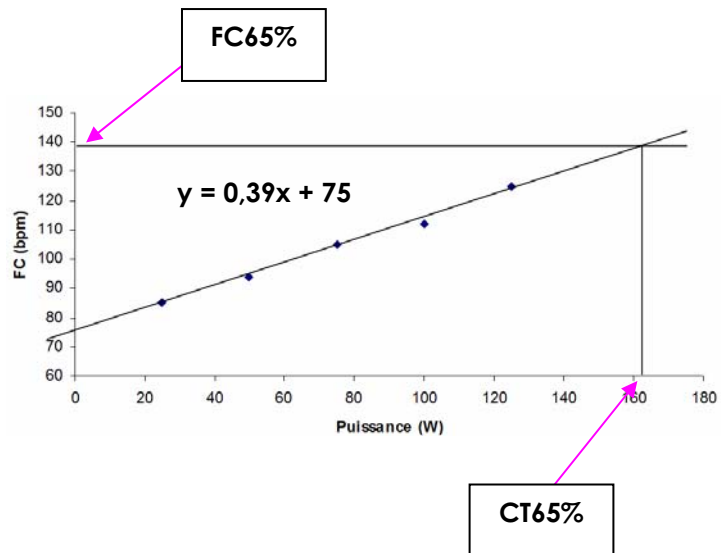
- L'endurance cardio-respiratoire s'apprécie au moyen d'un test sous-maximal sur bicyclette ergométrique, comportant des paliers de deux minutes [546]. L'épreuve débute à la puissance de 25 W puis la résistance augmente par palier de 25 W et le test se termine lorsque le sujet ne parvient plus à maintenir la fréquence de pédalage (60 rpm) ou lorsque la FC atteint 150 bpm. A partir de ces données individuelles, nous établissons (à l'aide du

logiciel Excel) la relation linéaire s'ajustant le mieux aux points expérimentaux, puis à partir de cette relation liant la FC et la puissance, nous calculons l'index cardiorespiratoire (CT65%) correspondant à la puissance développée par le sujet à une FC égale à 65% de sa FC maximale (FC65%) avec :

$$FC_{65\%} = [(220 - \text{âge}) - 80] \times 0,65 + 80 \text{ (Figure 38) [546].}$$

La FC de repos est arbitrairement fixée à 80 pour tous les sujets.

Cet index est ensuite rapporté au poids corporel du sujet. La perception de la difficulté de l'effort à 65% de la fréquence cardiaque maximale (Borg 65%) est calculée de façon similaire. Les patients doivent au moins atteindre 3 paliers pour participer à l'étude.



**Figure 38** : Evaluation de l'endurance cardio-respiratoire sur bicyclette ergométrique (exemple : pour un sujet masculin de 50 ans et 90 kg, avec FC65% = 138,5 bpm et CT65% = 163 W ou 1,81 W.kg<sup>-1</sup>).

L'échelle de Borg [55] apprécie, pour chaque sujet, la perception de la difficulté de son effort et ce, au terme des épreuves d'endurance statique, isocinétique, et au cours de l'épreuve d'endurance cardiorespiratoire.

### **III.2.3.3. Analyse statistique**

Les différentes variables sont exprimées sous forme de moyennes  $\pm$  écart-types. Le seuil de signification statistique correspond au niveau d'incertitude de 5% ( $p < 0,05$ ).

Le test statistique de normalité de Shapiro-Wilk a été utilisé pour déterminer si la distribution de chacune des variables étudiées était normale.

Le test paramétrique ANOVA-1 et le test non paramétrique ANOVA de Kruskal-Wallis permettent de comparer les groupes expérimentaux en termes de données biométriques, de performance musculaire, d'endurance cardiorespiratoire et musculaire, ainsi que de scores de Borg associés aux épreuves.

Le test paramétrique « t-test » et le test non paramétrique « U » de Mann-Whitney ont été utilisés afin d'objectiver les différences intersexuelles.

Une étude corrélative a examiné la relation entre les performances physiques et les paramètres biométriques et algofonctionnels à l'aide du test de Pearson.

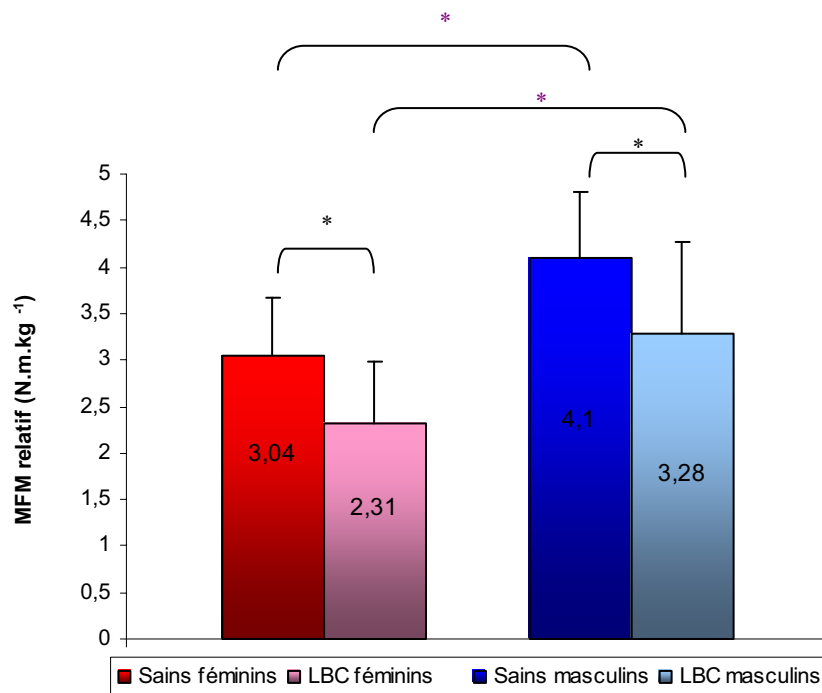
## III.2.4. Résultats

### III.2.4.1. Force des muscles du tronc

#### Force isométrique maximale des extenseurs du tronc

**Figure 39 :** Moments de force maximale (MFM) relatifs des muscles extenseurs du tronc (exprimés en N.m.kg<sup>-1</sup>) des sujets sains féminins (n = 47) et masculins (n = 47) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n = 47) et masculins (n = 47) (moyennes + 1 écart-type).

Les différences significatives sont représentées par :  
\* (p<0,05).



Les MFM relatifs apparaissent plus élevés chez les sujets sains comparativement aux lombalgiques chroniques (p<0,05) et ce, aussi bien pour les sujets masculins que féminins.

Les sujets masculins présentent des MFM relatifs plus élevés que les sujets féminins (p<0,05).

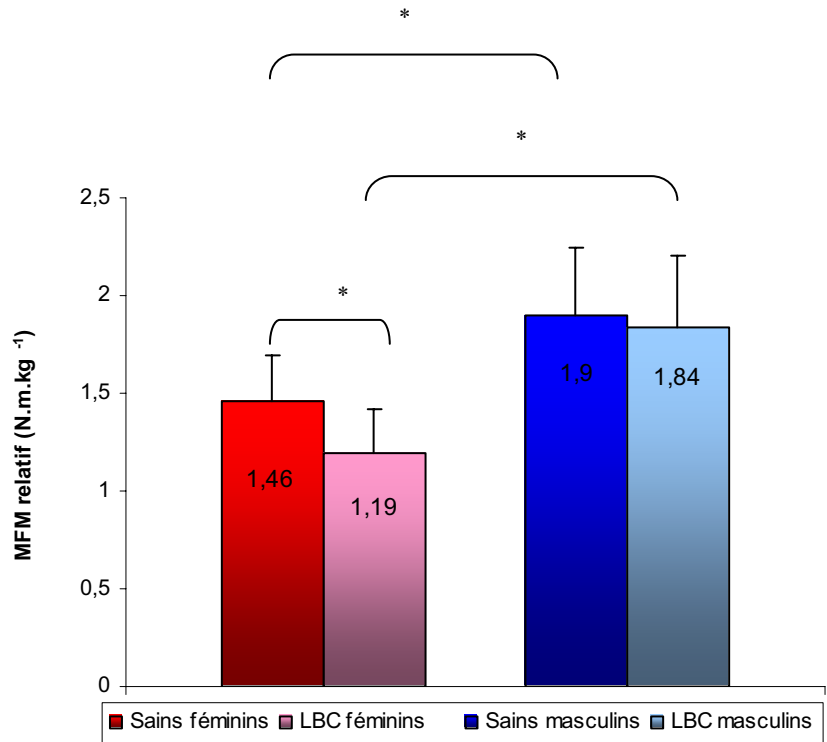
Les scores moyens de kinésiophobie sont inférieurs à 3% chez les sujets sains et atteignent respectivement 17 ± 21% et 26 ± 19% chez les lombalgiques féminins et masculins.

Les scores moyens rapportés sur l'EVA de la douleur au terme de l'épreuve sont inférieurs à 2% chez les sujets sains et atteignent 9 ± 16% et 24 ± 21% respectivement chez les sujets lombalgiques féminins et masculins.

Force isométrique maximale des fléchisseurs du tronc

**Figure 40 :** Moments de force maximale (MFM) relatifs des muscles fléchisseurs du tronc (exprimés en  $N.m.kg^{-1}$ ) des sujets sains féminins ( $n=25$ ) et masculins ( $n=25$ ) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins ( $n=25$ ) et masculins ( $n=25$ ) (moyennes + 1 écart-type).

Les différences significatives sont représentées par :  
\* ( $p<0,05$ ).



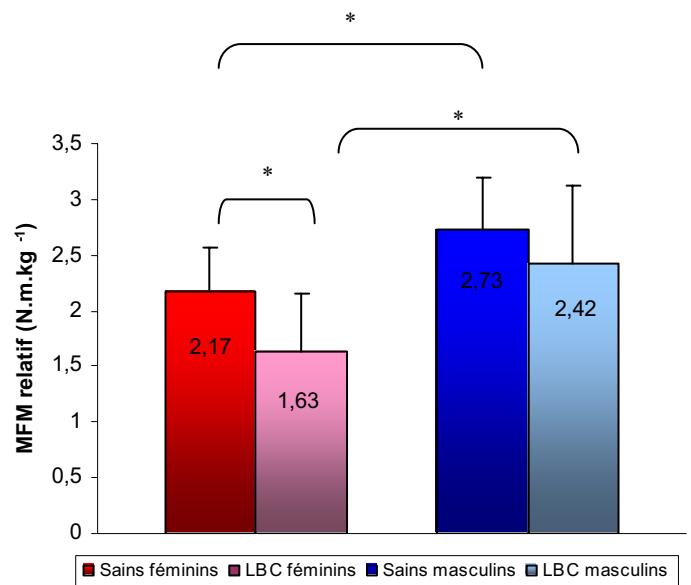
Les MFM relatifs des sujets féminins lombalgiques sont plus faibles comparativement aux sujets sains ( $p<0,05$ ). Le MFM relatif des sujets lombalgiques masculins ne diffère pas significativement de celui des sujets sains masculins.

Les MFM relatifs sont significativement plus faibles chez les sujets féminins comparativement aux sujets masculins.

### Force isométrique maximale des latérofléchisseurs du tronc

**Figure 41 :** Moments de force maximale (MFM) relatifs des latérofléchisseurs du tronc (exprimés en N.m.kg<sup>-1</sup>) des sujets sains féminins (n=25) et masculins (n=25) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=25) et masculins (n=25) (moyennes + 1 écart-type).

Les différences significatives sont représentées par : \* (p<0,05).



Les MFM relatifs sont plus élevés chez les sujets sains comparativement aux lombalgiques chroniques (p<0,05 et p = 0,07 respectivement pour les sujets féminins et masculins).

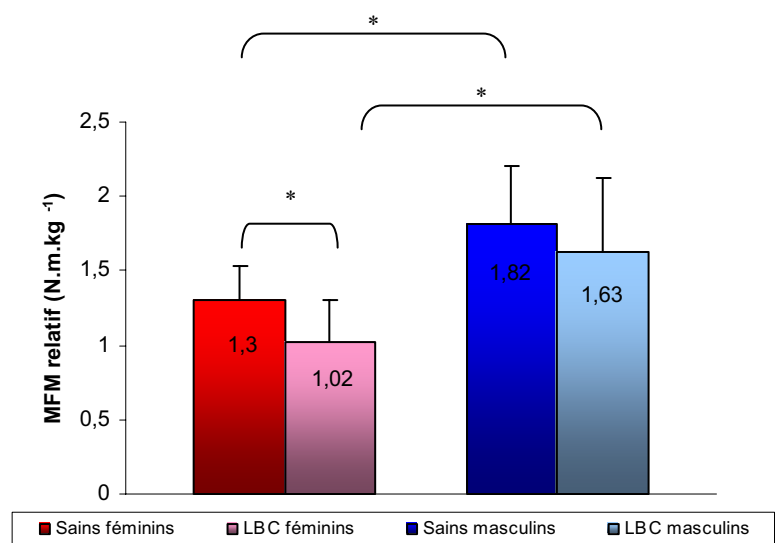
Les MFM relatifs des sujets masculins apparaissent plus élevés que ceux des sujets féminins (p<0,05).

Les performances des latérofléchisseurs droits et gauches sont similaires, excepté chez les sujets sains féminins (2,13 ± 0,4 N.m.kg<sup>-1</sup> à droite et 2,21 ± 0,4 N.m.kg<sup>-1</sup> à gauche ; p=0,034).

### Force isométrique maximale des rotateurs du tronc

**Figure 42 :** Moments de force maximale (MFM) relatifs des rotateurs du tronc (exprimés en N.m.kg<sup>-1</sup>) des sujets sains féminins (n=25) et masculins (n=25) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=25) et masculins (n=25) (moyennes + 1 écart-type).

Les différences significatives sont représentées par \* (p<0,05).

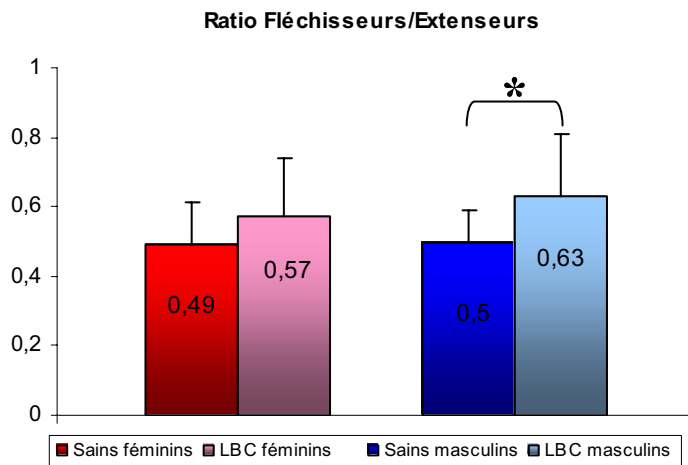


Les MFM relatifs des sujets sains sont plus élevés comparativement aux lombalgiques chroniques (p<0,05 et p = 0,1 respectivement pour les sujets féminins et masculins).

Les MFM relatifs des sujets masculins apparaissent plus élevés que ceux des sujets féminins ( $p < 0,05$ ).

Les performances des rotateurs droits et gauches apparaissent identiques, excepté chez les lombalgiques masculins ( $1,58 \pm 0,5 \text{ N.m.kg}^{-1}$  à droite et  $1,67 \pm 0,5 \text{ N.m.kg}^{-1}$  à gauche ;  $p = 0,023$ ).

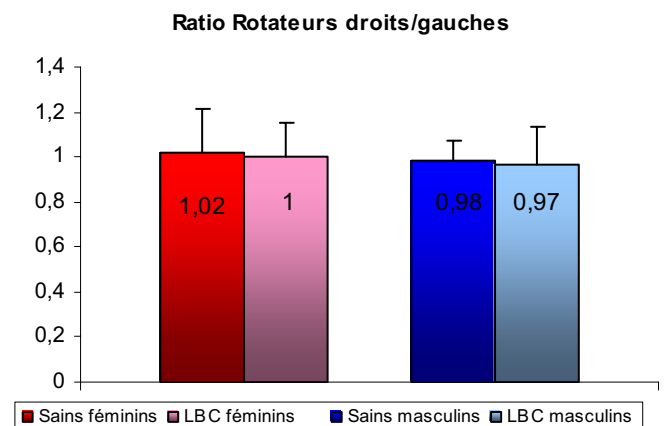
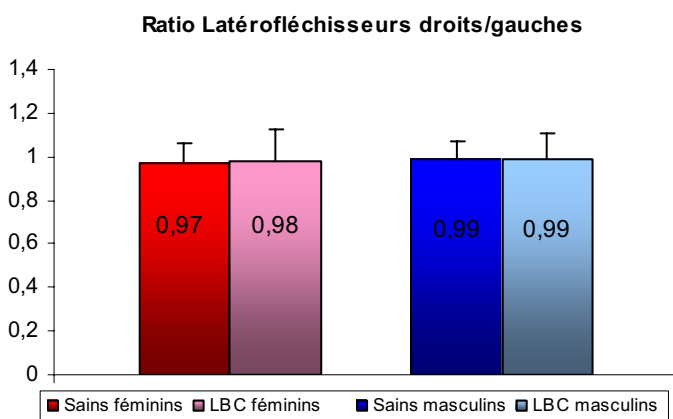
### Ratios



**Figure 43 :** Ratio Fléchisseurs / Extenseurs du tronc des sujets sains féminins ( $n=25$ ) et masculins ( $n=25$ ) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins ( $n=25$ ) et masculins ( $n=25$ ) (moyennes + 1 écart-type).  
Les différences significatives sont représentées par \* ( $p < 0,05$ ).

Les lombalgiques chroniques présentent un ratio fléchisseurs/extenseurs plus élevé que celui des sujets sains ( $p = 0,06$  et  $p < 0,05$  respectivement pour les sujets féminins et masculins).

Aucune différence significative n'apparaît lors de la comparaison des sujets masculins et féminins.



**Figure 44 :** Ratios Latérofléchisseurs droits/gauches et Rotateurs droits/gauches du tronc des sujets sains féminins ( $n=25$ ) et masculins ( $n=25$ ) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins ( $n=25$ ) et masculins ( $n=25$ ) (moyennes + 1 écart-type).

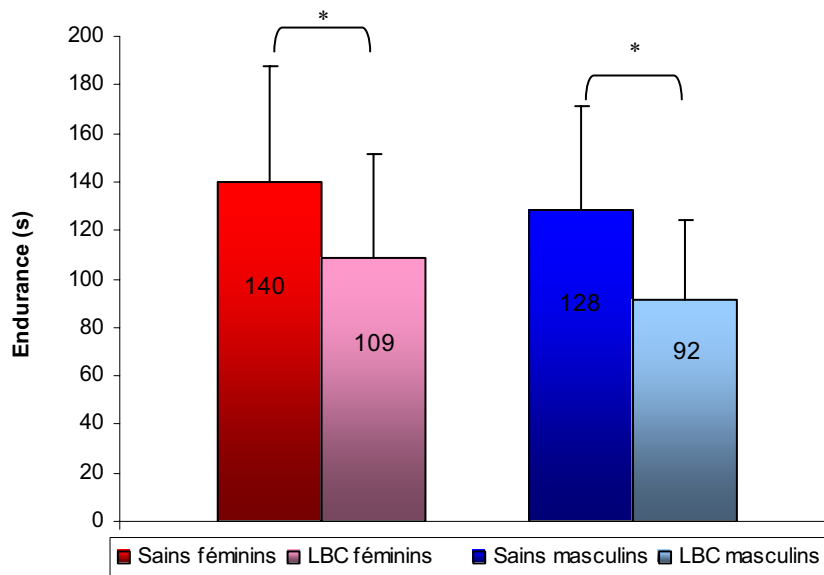
La comparaison des sujets sains et des lombalgiques chroniques ne révèle aucune différence en terme de ratio droite/gauche.

Les sujets masculins et féminins présentent des ratios similaires ( $p > 0,05$ ).

### III.2.4.2. Endurance des muscles du tronc

#### Endurance statique des extenseurs du tronc (test de Sorensen)

La **Figure 45** illustre le temps de maintien au test de Sorensen.



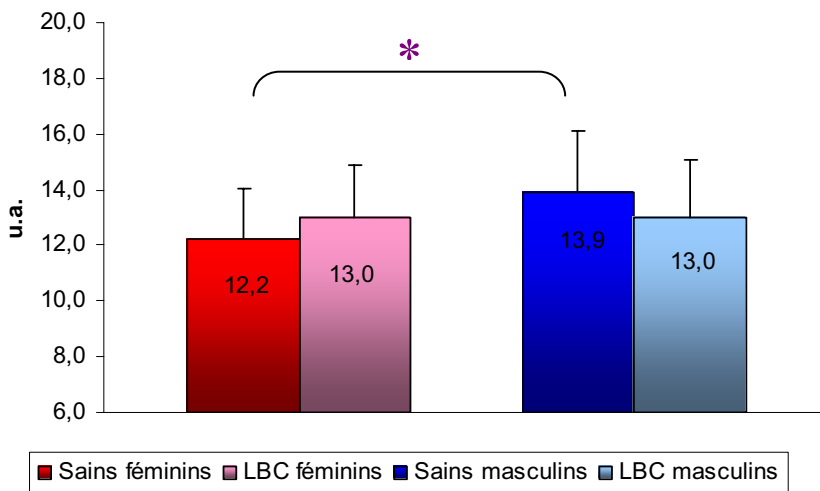
**Figure 45** : Endurance statique (s) des extenseurs du tronc lors du test de Sorensen des sujets sains féminins (n=37) et masculins (n=37) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=37) et masculins (n=37) (moyennes + 1 écart-type).

Les différences significatives sont représentées par \* ( $p < 0,05$ ).

Les lombalgiques présentent une durée de maintien inférieure à celle des sujets sains masculins et féminins ( $p < 0,05$ ).

Le temps de maintien des sujets féminins n'apparaît pas significativement plus élevé que celui des sujets masculins ( $p = 0,27$ ).

La **Figure 46** représente la perception de la pénibilité de l'effort lors du test de Sorensen (Echelle de Borg).



**Figure 46 :** Scores de Borg, exprimés en unité arbitraire (u.a.), suite au test de Sorensen par les sujets sains féminins (n=37) et masculins (n=37) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=37) et masculins (n=37) (moyennes + 1 écart-type).

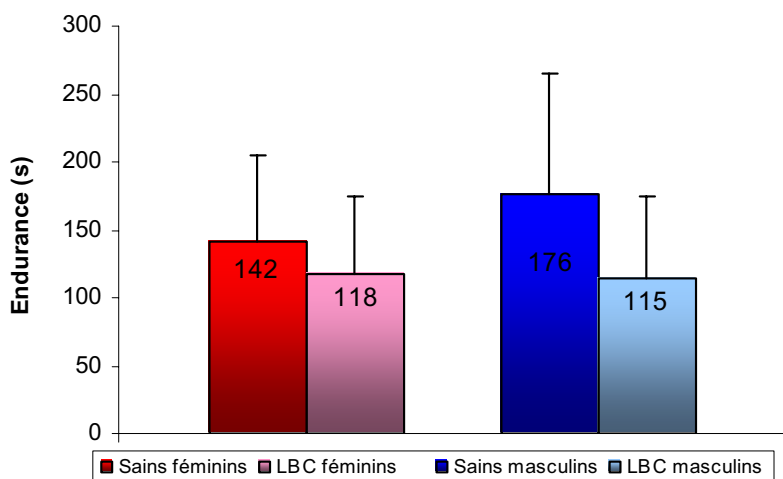
Les différences significatives sont représentées par \* ( $p < 0,05$ ).

La comparaison de la pénibilité de l'effort n'indique aucune différence entre les sujets sains et les lombalgiques chroniques.

Le score de Borg des sujets sains masculins dépasse celui des sujets sains féminins ( $p < 0,05$ ).

Endurance statique des abdominaux (Test de McQuade)

**Temps de maintien**

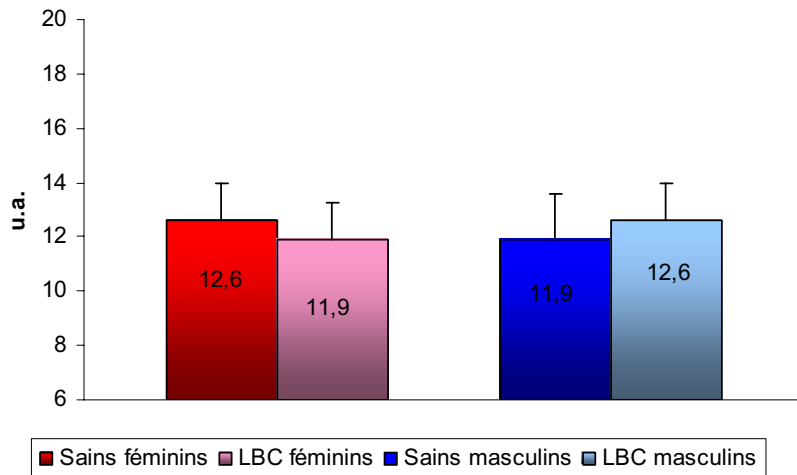


**Figure 47 :** Endurance statique (s) des abdominaux au test de McQuade réalisé par les sujets sains féminins (n=10), masculins (n=10) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=10) et masculins (n=10) (moyennes + 1 écart-type).

Le temps de maintien au test de McQuade apparaît légèrement plus faible chez les lombalgiques ; cette différence n'atteint pas le seuil de signification statistique ( $p > 0,05$ ).

La comparaison des sujets féminins et masculins ne révèle aucune différence.

### Perception de la difficulté de l'effort



**Figure 48 :** Scores de Borg, exprimés en unité arbitraire (u.a.), suite au test de McQuade par les sujets sains féminins (n=10) et masculins (n=10) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=10) et masculins (n=10) (moyennes + 1 écart-type).

La perception de la difficulté de l'effort reste identique au sein des groupes expérimentaux.

### III.2.4.3. Force des membres inférieurs

#### Force maximale isocinétique des fléchisseurs et extenseurs du genou

**Tableau XIV :** Moments de force maximale (MFM) relatifs ( $N.m.kg^{-1}$ ) des fléchisseurs et extenseurs du genou (à  $60^{\circ}.s^{-1}$  et  $180^{\circ}.s^{-1}$ ) des sujets sains féminins (n=15) et masculins (n=15) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=15) et masculins (n=15) (valeurs moyennes et écart-types).

Les différences significatives ( $p < 0,05$ ) sont représentées par des lettres différentes.

		Sains féminins	LBC féminins	Sains masculins	LBC masculins
		(n = 15)	(n = 15)	(n = 15)	(n = 15)
		m (ET)	m (ET)	m (ET)	m (ET)
$60^{\circ}.s^{-1}$	Ext ( $N.m.kg^{-1}$ )	1,7 (0,2) <sup>a</sup>	1,74 (0,2) <sup>a</sup>	2,21 (0,5) <sup>b</sup>	2,25 (0,4) <sup>b</sup>
	FI ( $N.m.kg^{-1}$ )	1,03 (0,2) <sup>ab</sup>	0,98 (0,1) <sup>a</sup>	1,42 (0,4) <sup>c</sup>	1,28 (0,2) <sup>bc</sup>
$180^{\circ}.s^{-1}$	Ext ( $N.m.kg^{-1}$ )	1,2 (0,2) <sup>a</sup>	1,23 (0,2) <sup>a</sup>	1,63 (0,3) <sup>b</sup>	1,61 (0,3) <sup>b</sup>
	FI ( $N.m.kg^{-1}$ )	0,77 (0,1) <sup>a</sup>	0,76 (0,1) <sup>a</sup>	1,08 (0,2) <sup>b</sup>	0,96 (0,3) <sup>ab</sup>

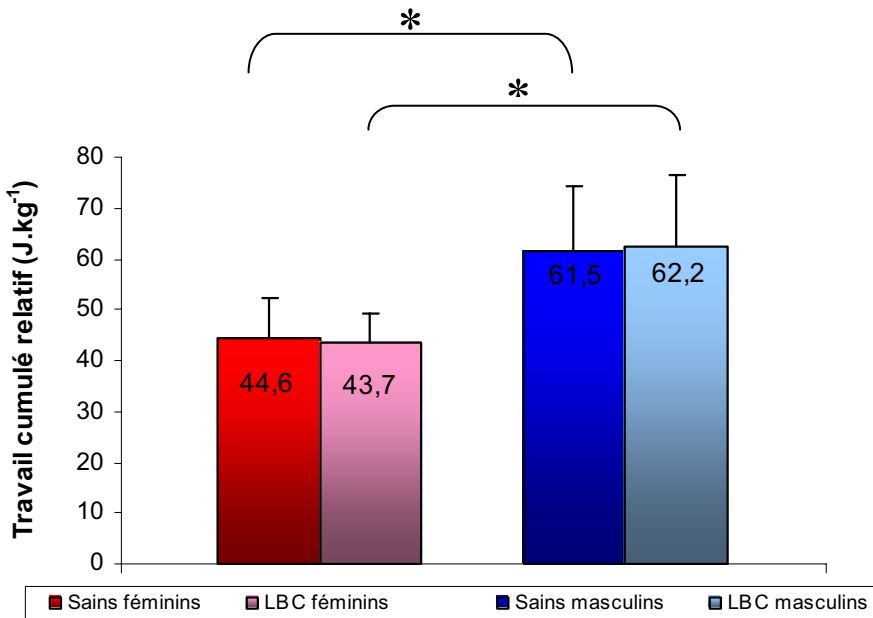
L'analyse statistique ne révèle aucune différence entre les sujets sains et lombalgiques chroniques, à la fois pour les sujets masculins et féminins.

Les MFM relatifs sont plus élevés chez les sujets masculins ( $p < 0,05$ ).

### III.2.4.4.

### Résistance musculaire à la fatigue (RMF) des membres inférieurs

#### Résistance à la fatigue des fléchisseurs et extenseurs du genou



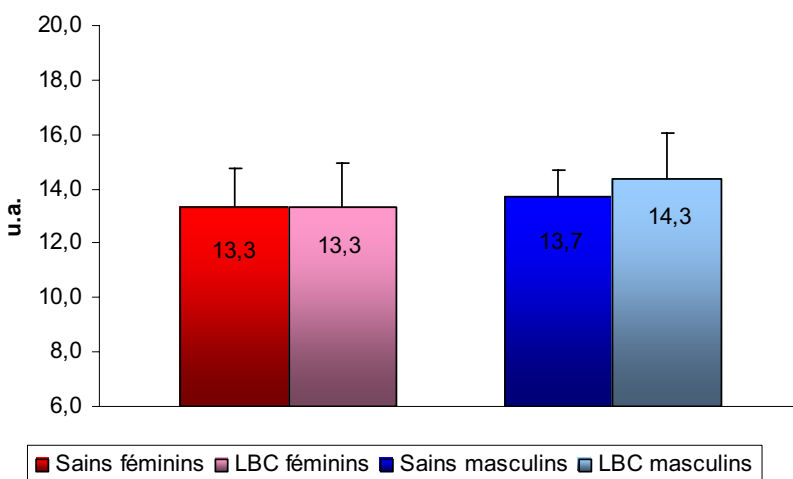
**Figure 49 :** Travail cumulé relatif (J.kg<sup>-1</sup>) des fléchisseurs et extenseurs du genou (lors de l'épreuve de RMF) des sujets sains féminins (n=15) et masculins (n=15) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=15) et masculins (n=15) (moyennes + 1 écart-type).

Les différences significatives sont représentées par :  
\* (p<0,05)

Les résultats n'indiquent aucune différence significative entre le travail cumulé relatif des sujets sains et celui des lombalgiques chroniques.

Les sujets masculins présentent des performances supérieures à celles des sujets féminins (p<0,05).

#### Perception de la pénibilité de l'effort (Echelle de Borg)



**Figure 50 :** Scores de Borg, exprimés en unité arbitraire (u.a.), suite à l'épreuve isocinétique par les sujets sains féminins (n=15) et masculins (n=15) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=15) et masculins (n=15) (moyennes + 1 écart-type).

Aucune différence n'est mise en évidence entre les groupes expérimentaux en terme de perception de la difficulté de l'effort suite à l'épreuve isocinétique.

### III.2.4.5. Endurance cardiorespiratoire

**Tableau XV :** Puissance relative (CT65%) et score de Borg (Borg 65%) à la FC65% des sujets sains féminins (n=15) et masculins (n=15) et lombalgiques chroniques (LBC) féminins (n=15) et masculins (n=15), enregistrés suite à l'épreuve cardiorespiratoire (valeurs moyennes et écart-type).

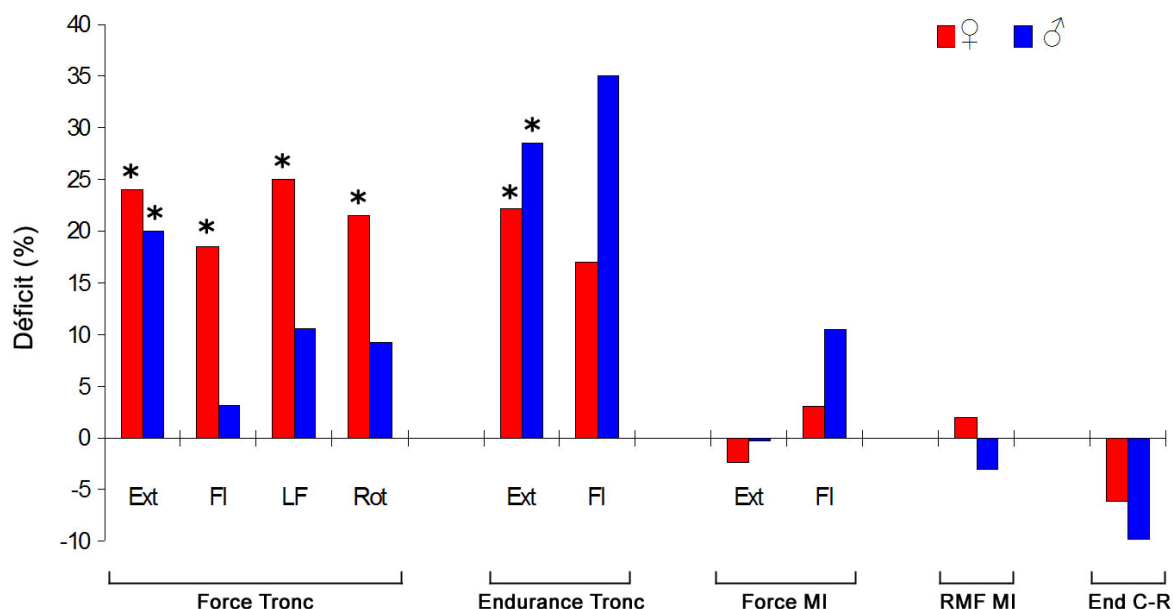
Les différences significatives ( $p < 0,05$ ) sont représentées par des lettres différentes.

	Sains féminins n = 15 m (ET)	LBC féminins n = 15 m (ET)	Sains masculins n = 15 m (ET)	LBC masculins n = 15 m (ET)
<b>CT65 %</b> (W.kg <sup>-1</sup> )	1,46 (0,3) <sup>a</sup>	1,55 (0,5) <sup>a</sup>	1,82 (0,4) <sup>b</sup>	2 (0,7) <sup>b</sup>
<b>Borg 65 %</b> (u.a)	12,8 (1,8) <sup>a</sup>	14,1 (3,3) <sup>ab</sup>	15,1 (2) <sup>b</sup>	15,7 (1,9) <sup>b</sup>

Il n'existe aucune différence significative en termes d'index cardiorespiratoire (CT65%) et de perception de la difficulté de l'effort (score Borg 65%) entre les sujets sains et les lombalgiques chroniques. L'endurance cardiorespiratoire des sujets masculins est plus élevée que celle des sujets féminins ( $p < 0,05$ ). Inversement, le score Borg 65% des sujets féminins sains est inférieur à celui des sujets sains masculins ( $p < 0,05$ ).

### III.2.4.6. Synthèse des résultats

Nous présentons les déficits relatifs des populations pathologiques pour l'ensemble des évaluations (**Figure 51**).



**Figure 51 :** Performances des lombalgiques féminins et masculins (exprimées en déficit pourcentage par rapport aux résultats des sujets sains appariés).

\* : différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les performances des sujets sains et lombalgiques.

EXT : extenseurs ; FL : fléchisseurs ; LF : latérofléchisseurs ; Rot : rotateurs ; MI : membre inférieur ; RMF : résistance musculaire à la fatigue ; End C-R : endurance cardio-respiratoire.

Pour les deux sexes, les déficits majeurs des lombalgiques s'observent au niveau de la force et de l'endurance des muscles du tronc. A contrario, aucune réduction n'a été relevée lors des évaluations de la force et de la RMF des membres inférieurs et de l'endurance cardio-respiratoire.

Une analyse complémentaire révèle que le déficit de la force des muscles du tronc se manifeste globalement pour les sujets féminins alors qu'il s'exprime de manière plus spécifique au niveau des extenseurs chez les lombalgiques masculins.

### III.2.5. Discussion

#### Batterie de tests

Notre protocole comporte l'évaluation de la force et de l'endurance des muscles du tronc ainsi qu'une épreuve cardio-respiratoire, la réduction de ces qualités physiques caractérisant le syndrome de déconditionnement physique du lombalgique chronique [486,548]. De façon originale, un test isocinétique de flexion-extension du genou explore l'éventuel impact de la lombalgie sur la fonction musculaire des membres inférieurs.

Afin d'apprécier **la force et l'endurance des muscles extenseurs du tronc**, les sujets réalisent une évaluation isométrique dynamométrique et le test d'endurance de Sorensen, conformément aux recommandations de la première partie de notre contribution.

La **force des fléchisseurs** (grands droits et obliques de l'abdomen, psoas), **latérofléchisseurs** (paravertébraux, carrés des lombes, obliques externes et internes) et **rotateurs** (principalement les obliques externes et internes) **du tronc** [326] est également appréciée à l'aide de dynamomètres spécifiques. La reproductibilité de nos évaluations a été décrite [149]. Afin de comparer des sujets de morphotypes différents, nous avons exprimé les moments de force par rapport au poids corporel.

Le **test de McQuade**, qui évalue l'endurance des abdominaux, a été retenu car la littérature révèle que le redressement partiel (curl-up) est préféré au redressement total (sit-up) afin de minimiser la participation des fléchisseurs de hanche et limiter l'accroissement de la pression intra-discale [147] ; les pieds doivent restés libres afin de ne pas accroître la sollicitation des muscles droit antérieur et psoas [147]. Ce test apparaît par ailleurs mieux toléré et plus reproductible que d'autres épreuves [152].

Peu d'études se sont intéressées à l'évaluation de la **force des fléchisseurs et extenseurs du genou** des lombalgiques chroniques. Pourtant, une faiblesse du quadriceps constituerait un facteur limitant au soulèvement de charges lourdes avec les genoux fléchis [708] : la flexion du rachis résultante accentuerait les contraintes rachidiennes [708]. Le protocole isocinétique utilisé (vitesse angulaire, nombre de répétitions) a déjà permis d'évaluer la fonction musculaire d'autres patients chroniques (fibromyalgie, syndrome de fatigue chronique) [150,470,473].

**L'évaluation de l'endurance cardiorespiratoire** apparaît indispensable ; cette qualité constitue un élément fondamental de la condition physique [391]. Le protocole optimal pour évaluer des patients douloureux chroniques n'a pas encore été fixé [743,773]. La méthode de calorimétrie directe constitue le « Gold Standard » pour apprécier la VO<sub>2</sub>max, mais cette technique nécessite un équipement sophistiqué et un effort correspondant à 90% de la FCmax théorique [700] peu adapté à ce type de patients [545,773]. Ainsi, et malgré le risque d'une sous- ou surestimation [132,585], l'évaluation de la capacité aérobie via un test sous-maximal reste privilégiée par la majorité des auteurs [773]. L'épreuve sous-maximale et la méthode d'estimation de l'endurance cardiorespiratoire de ce travail ont été antérieurement validées chez le patient douloureux chronique [547].

#### Performances des deux populations

La **force isométrique maximale des muscles du tronc** de sujets sains ou lombalgiques a été évaluée au moyen de dynamomètres identiques aux nôtres, et dans des conditions expérimentales similaires (en terme de protocole) autorisant une étude comparative [149,343,468,693,694] : bien que la mixité de leur groupe de lombalgiques (84 sujets féminins, 64 sujets masculins) limite la comparaison avec nos résultats, Mannion et al. rapportent des moments de force similaires aux nôtres excepté pour les muscles latérofléchisseurs [468]. Les moments de force relatifs d'autres lombalgiques (88 sujets féminins et 46 sujets masculins) sont globalement inférieurs aux nôtres [694]. De même, d'autres études, menées à l'aide de dynamomètres David Back, rapportent des moments de force maximale relatifs inférieurs à ceux de nos sujets [175,693].

Cette disparité résulterait de différences liées aux populations (en termes de répercussions algofonctionnelles), aux protocoles (processus de familiarisation avec le test, encouragements...) ou éventuellement d'une différence de calibration des dynamomètres [149].

Un **ratio fléchisseurs/extenseurs** du tronc majoré pouvant favoriser l'apparition d'une lombalgie [406], l'analyse de ce ratio apparaît pertinente. Le ratio fléchisseur/extenseur de nos sujets sains atteint 0.5, confirmant la littérature [149,678]. Cette prédominance des extenseurs du tronc [304,415] s'expliquerait par une plus grande surface de section et par une différence de bras de levier [335,671].

Conformément à la littérature [149,304,407,503,599,618,650,698], nos sujets lombalgiques présentent un ratio fl/ext augmenté résultant du déficit prépondérant de la force des extenseurs.

Les **ratios latérofléchisseurs droits/gauches** ainsi que **rotateurs droits/gauches** de nos sujets sains sont proches de 1. L'absence de côté dominant, globalement retrouvée dans notre étude, confirme la littérature [149,310,385,406,415,500,539,690] et concorde avec l'absence de différence bilatérale objectivée à l'imagerie médicale [287]. Une éventuelle asymétrie des rotateurs liée à la pratique sportive (tennis) n'est pas observée de manière systématique [176,690].

Un ratio normal considéré isolément pouvant masquer une diminution combinée de force agoniste/antagoniste ou droite/gauche, son analyse devra toujours être parallèle aux mesures de force [540].

Les résultats au **test de Sorensen** (109 et 140 s respectivement chez nos sujets féminins lombalgiques et sains ; 92 et 128 s chez les sujets masculins lombalgiques et sains) sont conformes à la littérature (F saines : 142 s, H sains : 116 s [460] ; groupe mixte sain : 133 s, groupe mixte LBC : 95 s [396]).

L'évaluation de **l'endurance statique des abdominaux** (test de McQuade) révèle des performances supérieures à la littérature, tant pour les sujets sains [424,523] que pour les lombalgiques [424,504]. Dans l'étude originale de McQuade et al., le temps de maintien moyen d'un groupe mixte de lombalgiques atteignait 34 s [504] (versus 115 s dans notre étude). Cette différence pourrait s'expliquer par l'absence d'encouragements verbaux mais surtout par une composante dépressive de leurs sujets.

Les **performances isocinétiques** des fléchisseurs et extenseurs du genou de nos sujets (sains et lombalgiques) sont conformes aux valeurs de référence [116,472].

La comparaison de patients douloureux chroniques (dont 70% de lombalgiques) à des sujets contrôles, au moyen d'un **test cycloergométrique** identique au nôtre, indique un indice d'endurance cardiorespiratoire respectivement plus élevé pour les sujets sains (H : 2,4 W.kg<sup>-1</sup>,

F : 1,7 W.kg<sup>-1</sup>) et légèrement inférieur au nôtre pour les sujets lombalgiques (H : 1,6 W.kg<sup>-1</sup>, F : 1,5 W.kg<sup>-1</sup>) [547]. Ces différences peuvent être liées à la spécificité des critères d'inclusion.

#### Analyse des déficits (sains versus LBC)

Notre étude rapporte une réduction de la force des **extenseurs du tronc** de lombalgiques chroniques comparés à des sujets sains appariés. Une diminution, objectivée au moyen de dynamomètres identiques ou différents du nôtre, a déjà été décrite [12,29,83,119,173,312,343,379,394,521,563,599,618,622,652]. Kramer et al. relèvent, à l'aide d'un dynamomètre identique, un déficit de force des extenseurs de 40% chez les lombalgiques [379]. Ce pourcentage, plus élevé que celui de notre étude (20-24%), pourrait s'expliquer par leur critère d'inclusion (score EVA de la douleur supérieur à 50%) et l'absence de familiarisation à l'épreuve, susceptibles d'entraîner une surrestimation du déficit.

Les moments de force des **fléchisseurs, latérofléchisseurs et rotateurs** des patientes lombalgiques sont inférieurs à ceux des sujets féminins sains (réduction de 18 à 25%) alors qu'une diminution non significative (3-11%) est mise en évidence chez les sujets masculins. Nos résultats reflètent l'aspect contrasté de la littérature relative aux muscles fléchisseurs du tronc, certains auteurs n'observant aucune différence entre des sujets sains et lombalgiques chroniques [304,312,652] contrairement à d'autres [276,357,408,503,551,618,668]. La comparaison de la force des latérofléchisseurs [503] et rotateurs [407] du tronc de sujets sains et lombalgiques chroniques apparaît de façon plus épisodique dans la littérature mais confirme l'hypothèse d'une altération de la force musculaire du tronc.

Conformément à la littérature [38,70,119,304,312,334,351,396,502,552,630,654], les résultats du **test de Sorensen** démontrent la diminution de l'endurance des extenseurs du tronc des lombalgiques. La fatigabilité accrue des extenseurs constituerait un facteur prédictif de l'apparition de lombalgie [459]. Contrairement à la majorité des études, nos sujets réalisent le test à deux reprises, la meilleure performance étant retenue. Cette précaution justifierait le plus faible déficit (entre 22 et 29%) de nos patients comparativement à celui de la littérature (~45%) [312,654].

Une importante réduction (17-35%) est également observée au niveau de **l'endurance des abdominaux** de nos lombalgiques chroniques. Le faible échantillon et la dispersion des valeurs individuelles expliqueraient le caractère non significatif de cette réduction. La présence de tels déficits est également évoquée dans la littérature [70,312].

L'évaluation isocinétique des **fléchisseurs et extenseurs du genou** ne révèle aucune différence entre les sujets sains et lombalgiques chroniques, confirmant les résultats de Suter et al. [686] et

de Maquet et al. [472] ; ces derniers auteurs rapportent en outre des paramètres EMG similaires entre les groupes expérimentaux [472]. Des données, parfois discordantes, sont relevées dans la littérature [37,407,742] : à titre indicatif Bibré et al. relatent un déficit de 25% de la force des ischios-jambiers chez le lombalgique [37].

Les performances de nos patients en terme **d'endurance cardiorespiratoire** apparaissent similaires à celles des sujets sains. Alors que certaines études confirment nos observations [70,772,774], d'autres indiquent une plus faible endurance cardiorespiratoire des patients LBC [121,294,351,666,728] ou uniquement des lombalgiques masculins [547,772]. Ces divergences seraient liées à de nombreux facteurs dont le choix du protocole (les tests sous-maximaux étant associés à un risque d'une sur- ou d'une sous-estimation [132,585,773]) et les critères algofonctionnels (parfois, les douleurs lombaires constituaient la cause d'arrêt du test [775]).

### Différences intersexuelles

Conformément à la littérature [11,175,231,315,352,394,415,503,539,540,599,620,652], le moment de force maximale des extenseurs du tronc des sujets sains masculins apparaît significativement plus élevé que celui des sujets féminins. Elfving et al. évoquent, au moyen d'un dynamomètre identique au nôtre, des moments de force (exprimés en valeur absolue ou relative) plus élevés chez les sujets masculins (respectivement de 47% et 30%) [175]. Cette différence inter-sexuelle, retrouvée dans notre travail (40% et 26%), s'expliquerait par une masse musculaire et une surface de section des érecteurs du rachis inférieures chez les femmes [352,461]. La même différence intersexuelle a été retrouvée au niveau des fléchisseurs et extenseurs du genou.

Dans notre travail, bien qu'aucune différence significative n'apparaisse en terme d'endurance des extenseurs du tronc, les sujets masculins rapportent une pénibilité de l'effort majorée. Malgré quelques résultats contradictoires [8,243,516], la fatigabilité musculaire accrue des sujets masculins semble acceptée [38,98,340,459,460,496]. L'analyse spectrale électromyographique du test confirme ces observations [138,340,459,713,719]. Plusieurs hypothèses ont été avancées :

- des différences anthropométriques. Un poids plus faible du tronc et un centre de gravité du tronc abaissé chez les sujets féminins sont évoqués [38,334]. Cependant, la différence inter-sexuelle persiste lorsque le tronc du sujet féminin est lesté [98] ou lorsque les tests sont réalisés en station debout [334].
- une lordose lombaire majorée des sujets féminins pourrait leur procurer un avantage mécanique en allongeant le bras de levier des érecteurs du rachis [439,717].

- la masse musculaire plus importante des sujets masculins engendre une plus grande force absolue et, par conséquent, une majoration de la pression intramusculaire et une réduction du débit sanguin [178,284,356,395]. D'autre part, les oestrogènes (vasodilatateurs) augmenteraient le flux sanguin chez les sujets féminins [284].
- la sollicitation du métabolisme glycolytique anaérobie (objectivée par l'augmentation du phosphate inorganique, et la diminution du pH) serait majorée chez les sujets masculins pour une intensité d'effort identique [178,284,356].
- des différences siégeant au niveau de la typologie musculaire. Mannion et al. évoquent une meilleure adaptation aérobie des muscles rachidiens chez les sujets féminins en raison d'une plus grande surface de section relative occupée par les fibres lentes de type I [461].
- une activation neuromusculaire différente (alternance de l'activité des muscles agonistes) a également été évoquée [395].

Conformément à la littérature, l'endurance cardiorespiratoire des sujets féminins apparaît inférieure à celle des sujets masculins [773] suite au transport de l'oxygène moins performant (volume d'éjection systolique et capacité vitale réduits) et au taux d'hémoglobine inférieur [416].

### **III.2.6. Conclusions du chapitre III.2**

- Les lombalgiques chroniques (douleurs légères à modérées) présentent une altération spécifique de leur fonction musculaire rachidienne sans réduction de leur capacité cardiorespiratoire et des performances isocinétiques des membres inférieurs.
- Les moments de force et la capacité cardio-respiratoire sont plus élevés chez les sujets masculins. Bien que l'endurance des muscles extenseurs du tronc ne soit pas différente, la pénibilité de l'effort apparaît accrue chez les sujets masculins.

## **III.3. ASPECTS CLINIQUES**

### **III.3.1. Introduction**

Les flexions antérieures, les inclinaisons-rotations, les rotations du tronc réalisées lors de la manutention de charges, les postures statiques, ..., constituent des facteurs de risque de lombalgies en raison des contraintes mécaniques associées [124,210,457,475,586,730]. Ces observations justifient l'intérêt des Ecoles du Dos dont l'enseignement théorique et pratique comporte de nombreux conseils d'économie rachidienne. Les Ecoles du Dos présentent de grandes disparités quantitatives et qualitatives notamment en fonction de spécificités locales [282,368,550]. Le programme (1990) du Centre Hospitalier Universitaire de Liège, proposé jusqu'en septembre 2004, comportait 4 séances collectives de 2h30, dispensées par différents intervenants (kinésithérapeutes, physiothérapeute, psychologue). La littérature remettant en question l'efficacité d'un programme d'Ecole du Dos [69,206], et compte tenu du déconditionnement des lombalgiques chroniques [488], un reconditionnement physique non-instrumentalisé a été proposé dès 2001 aux patients inclus dans notre programme d'Ecole du Dos.

En cas d'échec d'un traitement isolé, la réussite thérapeutique nécessite une prise en charge multidisciplinaire [166,548] afin d'appréhender l'origine multifactorielle de la lombalgie. Selon le modèle biopsychosocial [754], tant les facteurs physiques, psychologiques (mécanismes mentaux, émotionnels et sensitifs) et sociaux (influence de l'environnement culturel [88]), que les comportements d'évitement qui en résultent, peuvent moduler la perception de la douleur et l'incapacité fonctionnelle [227,715].

Se référant à ces évidences scientifiques, l'INAMI a défini en 2004 une nouvelle nomenclature relative à la prise en charge multidisciplinaire des lombalgies chroniques. Le service de Médecine Physique du CHU de Liège, déjà pionnier en la matière, s'est inscrit dans cette dynamique « Evidence Based » en développant un centre de révalidation répondant précisément aux exigences de l'INAMI en termes de contenu, d'intervenants et d'organisation. Ce programme comprend des séances d'Ecole du Dos (similaires à celles proposées depuis une quinzaine d'années), l'intervention complémentaire d'un ergonome, des séances de reconditionnement physique aérobie et rachidienne (dynamomètres spécifiques), ainsi qu'une prise en charge rééducative individuelle.

### III.3.2. Objectifs

Nous souhaitons étudier l'efficacité de la nouvelle prise en charge (octobre 2004) proposée par le service de Médecine Physique du CHU de Liège aux patients lombalgiques chroniques.

Nous avons comparé les scores algofonctionnels et gestuels, les indices de kinésiophobie, les connaissances et les capacités physiques des patients tant au début (1<sup>ère</sup> séance = S1), au milieu (18<sup>ème</sup> séance = S18) et au terme (36<sup>ème</sup> séance = S36) d'un programme multidisciplinaire [738]. Nous avons également mené une étude rétrospective chez des patients ayant bénéficié de l'intégralité du programme.

Afin d'apprécier si les éventuelles modifications ne résultaient pas d'une simple évolution naturelle de la lombalgie ou d'une familiarisation avec les outils d'évaluation, nous avons examiné un groupe témoin (patients placés sur une liste d'attente) évalué à deux reprises, espacées de 4 semaines.

### III.3.3. Matériel et méthodes

#### III.3.3.1. Population

##### III.3.3.1.1. Etude prospective

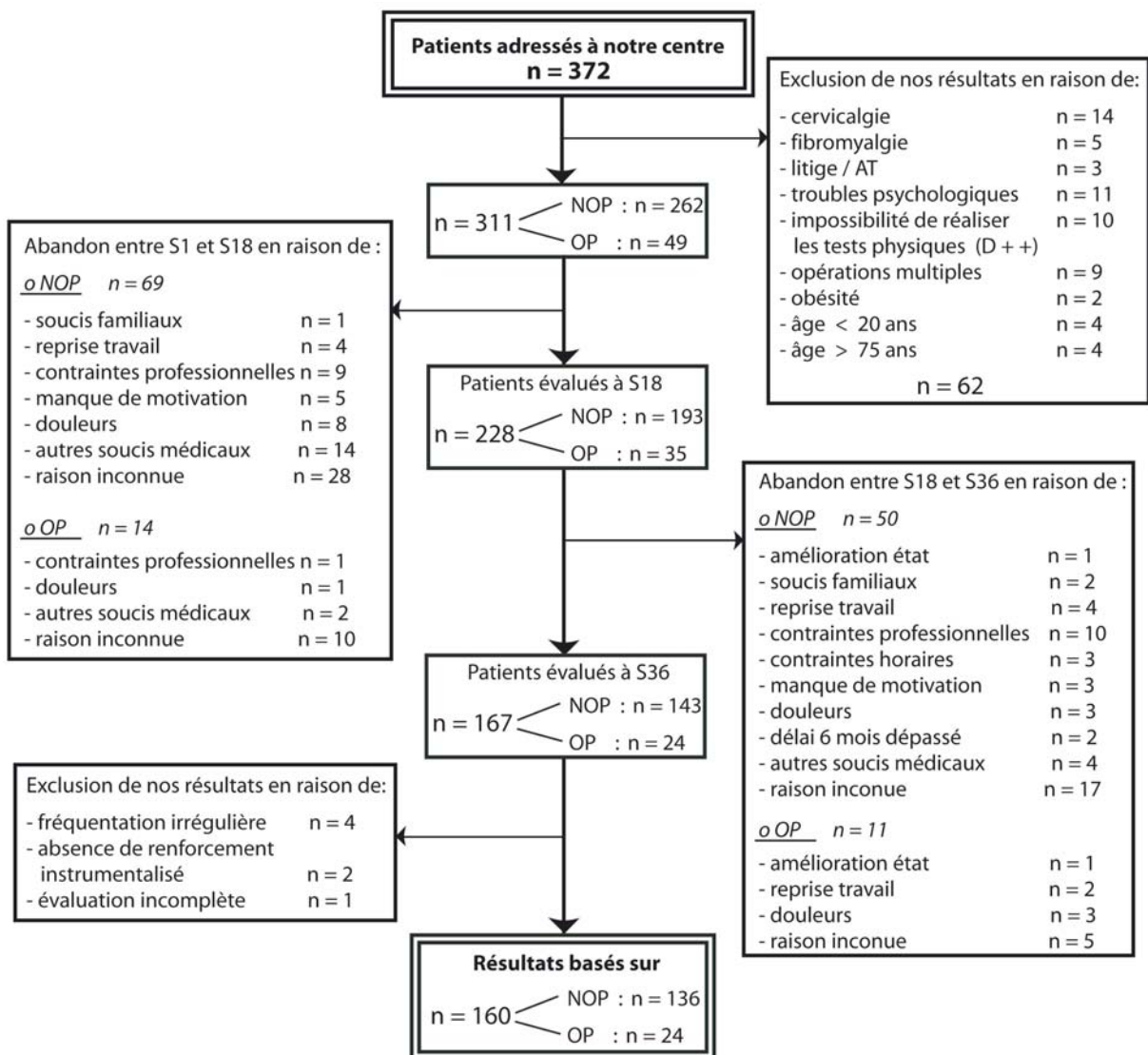
#### ■ Groupe expérimental

Cette étude comporte 373 patients adressés au service de Médecine Physique (Professeur JM Crielaard) d'octobre 2004 à août 2007 ; 62 ont été exclus en raison de pathologies associées (fibromyalgie, cervicalgie), d'un litige médico-légal, de troubles psychologiques, d'antécédents sérieux (multiples interventions chirurgicales), de douleurs initiales les empêchant de réaliser les tests physiques, d'une obésité ( $IMC > 30 \text{ kg.m}^{-2}$ ) et d'un âge inférieur à 20 ans ou supérieur à 75 ans (**Figure 53**). Parmi les 311 patients ainsi retenus, 262 présentaient une lombalgie chronique non-opérée (groupe NOP) et 49 avaient subi une intervention rachidienne moins de six mois avant leur participation (groupe OP). 83 patients (69 NOP et 14 OP) ont interrompu leur programme entre la deuxième et la 18<sup>ème</sup> séance alors que 61 patients (50 NOP et 11 OP) ont mis un terme à leur participation au cours de la seconde moitié du programme (entre S18 et S36) (**Figure 53**). De manière additionnelle, 7 autres patients ont été

exclus en raison d'une mauvaise compliance, d'une évaluation incomplète ou de l'absence de renforcement musculaire instrumentalisé.

L'étude concerne finalement 160 lombalgiques, dont 24 avaient subi une intervention rachidienne récente, qui ont accompli l'entièreté du programme ; les caractéristiques anthropométriques et algofonctionnelles figurent dans le **Tableau XVI** [738].

Parmi les 24 patients opérés, 20 ont bénéficié d'une cure de hernie discale par discectomie (L5-S1 : n=11 ; L4-L5 : n=7 ; L3-L4 : n=2) et 4 d'une arthrodèse.



**Figure 53** : Nombre de patients ayant été adressés au Centre de Réhabilitation du Rachis du service de Médecine Physique du CHU de Liège et ayant participé à l'ensemble du programme (NOP : non-opérés ; OP : opérés).

**Tableau XVI** : Caractéristiques anthropométriques et algofonctionnelles des sujets participant à l'étude (NOP : non-opérés ; OP : opérés) (valeurs moyennes (m), écart-types (ET)).

	NOP masculins (n=63) m (ET)	NOP féminins (n=73) m (ET)	OP masculins (n=11) m (ET)	OP féminins (n=13) m (ET)
Age (années)	46,4 (10,2)	46,3 (10,7)	45,4 (10,1)	44,8 (9,1)
Poids (kg)	83 (13)	71,5 (15,4)	77,5 (13,8)	65,4 (7,4)
Taille (cm)	178 (8)	166 (7)	173 (5)	166 (7)
Délai douleur (années)	8,2 (7,3)	12,6 (11,3)	5,2 (3,6)	10 (10,1)
EVA douleur initial (%)	43,1 (22,4)	42 (22,2)	34,6 (33,1)	31,1 (22,6)
EIFEL initial (%)	37 (19,9)	34,4 (16,7)	28 (16,6)	34,7 (20,6)

#### ■ Groupe témoin

Le groupe témoin se compose de 24 lombalgiques chroniques non-opérés, en attente de débiter la prise en charge ; ils seront évalués à deux reprises, espacées de 4 semaines. Leurs caractéristiques anthropométriques et algofonctionnelles sont illustrées dans le **Tableau XVII**.

**Tableau XVII** : Caractéristiques anthropométriques et algofonctionnelles des sujets du groupe témoin (NOP : non-opérés) (valeurs moyennes (m), écart-types (ET)).

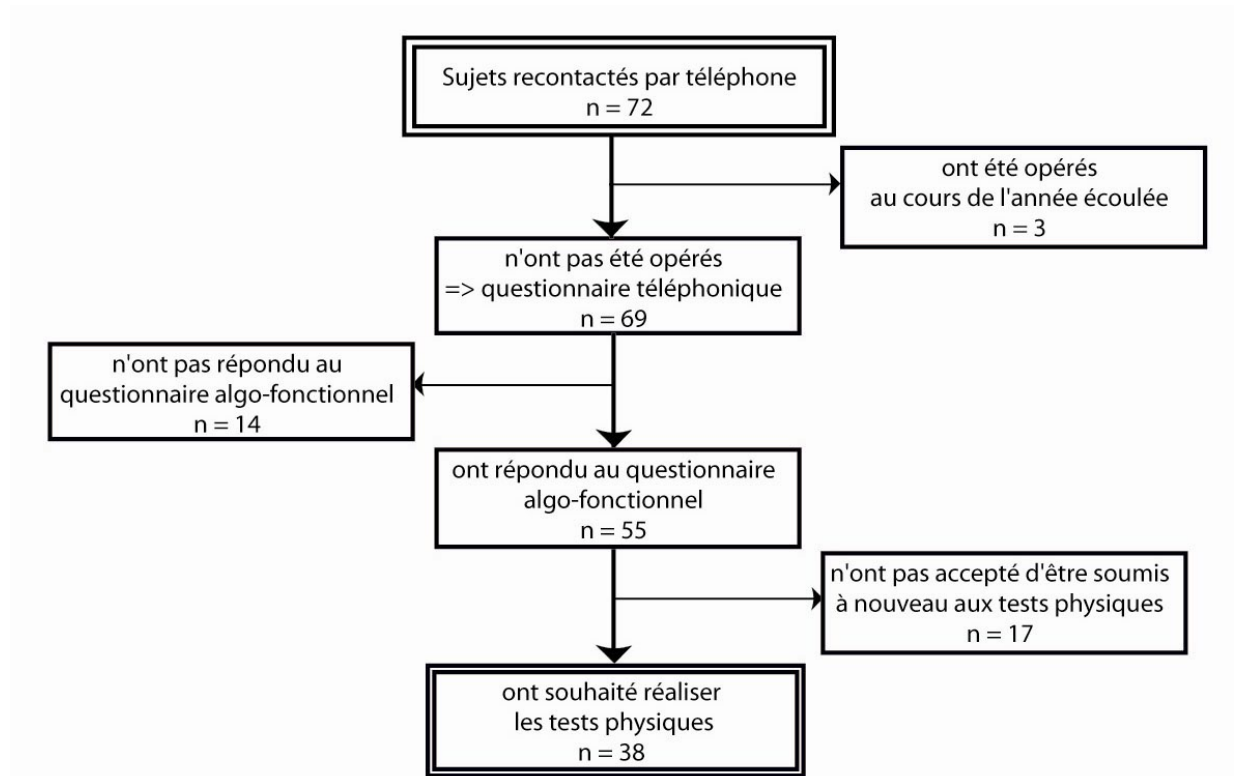
	NOP masculins (n=12) m (ET)	NOP féminins (n=12) m (ET)
Age (année)	46,8 (10,3)	44,6 (11)
Poids (kg)	90,7 (13,5)	70,7 (21,7)
Taille (cm)	182 (7)	163 (10)
Délai douleur (années)	7,8 (8,5)	6,8 (8,5)
EVA douleur initial (%)	41,1 (18,9)	41,9 (27,6)
EIFEL initial (%)	41,7 (18,2)	40,3 (13,1)

#### III.3.3.1.2. Etude rétrospective

Parmi les 136 lombalgiques non-opérés, 81 étaient susceptibles d'être inclus dans notre étude rétrospective menée 1 à 1,5 an après leur participation au programme. Parmi ces 81 patients, 9 n'ont pu être recontactés. Parmi les 72 sujets contactés par téléphone, 3 déclarent avoir bénéficié d'une intervention chirurgicale depuis leur participation au programme (**Figure 54**). Un questionnaire (**Annexe 1**) a été soumis aux 69 patients restants. Parmi ceux-ci, 55 ont

renvoyé les questionnaires algofonctionnels, de connaissances et de kinésiophobie. 38 d'entre eux ont à nouveau participé aux évaluations physiques et au parcours-test (**Figure 54**). Les caractéristiques anthropométriques et algofonctionnelles de ces 38 sujets figurent dans le **Tableau XVIII**.

Les sujets opérés n'ont pas été inclus dans notre étude rétrospective en raison de leur trop faible nombre.



**Figure 54** : Nombre de sujets recontactés et réévalués au cours de l'étude rétrospective.

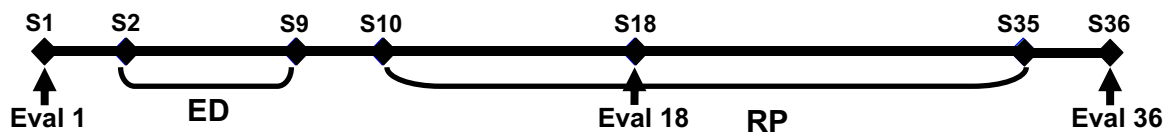
**Tableau XVIII** : Caractéristiques anthropométriques et algofonctionnelles des 38 sujets soumis à nouveau aux épreuves physiques après leur participation au programme (valeurs moyennes (m), écart-types (ET)).

	NOP masculins (n=20) m (ET)	NOP féminins (n=18) m (ET)
Age (année)	45,6 (11,6)	47,1 (8,7)
Poids (kg)	80,1 (9,4)	70,9 (11)
Taille (cm)	178 (9)	167 (6)
Délai douleur (années)	6,1 (5,3)	13,7 (9,2)
EVA douleur initial (%)	37,9 (22,8)	37,2 (22,9)
EIFEL initial (%)	27,1 (19,6)	37,9 (17,9)

### III.3.3.2. Protocole expérimental

Le programme multidisciplinaire du service de Médecine Physique du CHU de Liège comporte 36 séances d'une durée de deux heures. Ce programme s'adresse à des groupes de huit patients maximum ; l'équipe pluridisciplinaire se compose d'un médecin spécialiste en Médecine Physique, de kinésithérapeutes, d'une psychologue, et d'un ergonome.

Le programme comporte trois évaluations qui se situent respectivement lors de la première séance (S1), lors de la 18<sup>ème</sup> séance (S18) et lors de la 36<sup>ème</sup> et dernière séance (S36), 8 séances d'école du dos (ED) (de S2 à S9) et 25 séances de réconditionnement physique (RP) (de S10 à S35) (**Figure 55**).



**Figure 55** : Chronologie du programme.

Eval = évaluation ; ED = Ecole du Dos ; RP = réconditionnement physique.

#### III.3.3.2.1. Evaluation

- Questionnaires :

- Une **échelle visuelle analogique (EVA) de la douleur** quantifie l'intensité de la douleur lombaire [318]. Elle est constituée d'une ligne horizontale non-graduée de 10 centimètres, limitée à ses extrémités par les items « absence de douleur » et « douleur maximale imaginable » [649]. Le patient doit répondre à la question « Au cours des 3 derniers jours, comment évaluez-vous l'intensité de votre douleur ? » en plaçant un trait vertical à l'endroit exprimant le mieux l'intensité de sa douleur.

La distance entre l'extrémité gauche de la ligne et le trait se mesure en millimètre et correspond au score EVA. Celui-ci sera compris entre 0 et 100 : des scores inférieurs à 30, situés entre 31 et 69, et supérieurs à 70 correspondent respectivement à des douleurs légères, modérées et sévères [353].

- **L'Echelle d'Incapacité Fonctionnelle pour l'Evaluation des Lombalgues (EIFEL)**, traduction française du « Roland and Morris Disability Questionnaire » [111], est un auto-questionnaire qui comporte 24 affirmations. Le patient coche les items qui correspondent le mieux à son vécu lombalgique. La majorité de

ceux-ci explore le retentissement de la douleur sur l'exécution de diverses activités de la vie quotidienne. Chaque affirmation cochée rapporte un point. Le score fonctionnel correspond à l'addition des points. Un score égal à 24 signifie une incapacité fonctionnelle totale. Dans ce travail, le score fonctionnel sera exprimé en pourcentage.

- **Le questionnaire de Dallas**, validé en français [478], apprécie l'altération de la qualité de vie des lombalgiques chroniques. Il comporte seize items évaluant l'impact de la douleur rachidienne sur quatre aspects de la vie des patients :
  - Les activités de la vie quotidienne (AVQ) : sept items.
  - Les activités professionnelles et de loisirs (T/L) : trois items.
  - La dépression-anxiété (A/D) : trois items.
  - Le comportement social (Soc) : trois items.

Pour chaque item, une échelle visuelle analogique (divisée en cinq à huit segments) est proposée. Le sujet indique une croix sur le segment correspondant le mieux à son état, une valeur étant attribuée à chaque segment. Pour chacune des quatre dimensions, les scores individuels sont additionnés et multipliés par une constante (3 pour les AVQ, et 5 pour les autres). Un score, exprimé en pourcentage, est ainsi obtenu pour chaque dimension. Le score de Dallas global correspond à la moyenne des scores des quatre dimensions.

- **L'échelle de kinésiophobie TSK (Tampa Scale of Kinesiophobia)**. Conçu et validé pour évaluer la peur du mouvement et/ou de la (ré)apparition de la douleur [375], ce questionnaire se compose de 17 items que le sujet apprécie au moyen de quatre affirmations : « tout à fait d'accord », « plutôt d'accord », « plutôt pas d'accord » ou « pas du tout d'accord ». Plus le score est élevé, plus la kinésiophobie est importante. Vingt patients (19 NOP, et 1 OP) n'ont pas répondu à ce questionnaire.
- **Un questionnaire cognitif (QC)**, mis au point par nos soins, évalue les connaissances relatives à l'étiologie, la prise en charge et la prévention de la lombalgie [143]. Il comporte cinq questions Vrai/Faux et dix questions à choix multiples (**Annexe 2**).

- Parcours-test [737]

Il apprécie la gestuelle rachidienne au cours de trois activités quotidiennes lors de la première séance d'évaluation (S1) et au cours de cinq activités lors des séances ultérieures (S18, S36, séance contrôle). Ces tâches explorent respectivement :

- Tâche n°1 : la position de repos dans un lit et la manière de l'adopter et de la quitter (sur 6 points).
- Tâche n°2 : la réalisation d'une tâche de balayage (sur 8 points).
- Tâche n°3 : la manutention d'une charge encombrante (poubelle) (sur 8 points).
- Tâche n°4 : la position adoptée pour lacer ses chaussures (sur 5 points).
- Tâche n°5 : le rangement d'objets de poids variables sur une étagère à différents niveaux (sur 6 points).

Les deux tâches supplémentaires (tâches 4 et 5) apprécient l'intégration des techniques enseignées et les possibilités pour le patient de s'adapter à une situation nouvelle.

Chaque critère est coté sur zéro, un ou deux points. Cette cotation aboutit à un score global sur 22 points (S1) ou sur 33 points (autres tests), converti en pourcentage.

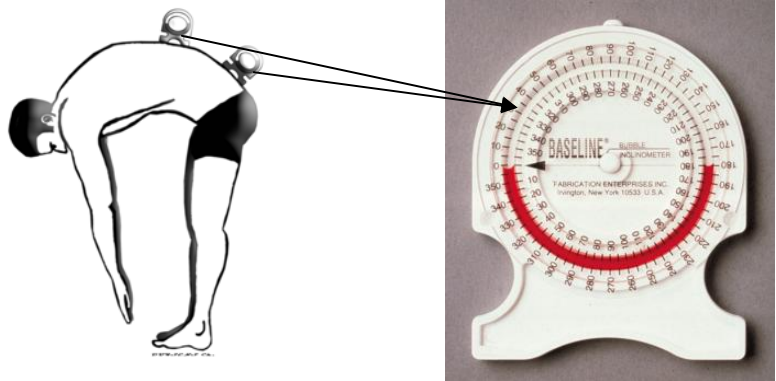
- Tests physiques

Ils évaluent :

- La **force des extenseurs, fléchisseurs, latéro-fléchisseurs, rotateurs du tronc** (dynamomètres David Back) (pour la procédure : voir pages 82-83). Pour des raisons de sécurité, les sujets opérés n'ont pas bénéficié de ces tests lors de leur première séance d'évaluation (S1), mais simplement d'une familiarisation aux épreuves.
- La **mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral**. Précédée d'un échauffement consistant à répéter deux fois des mouvements de flexion-extension du tronc, cette évaluation comporte :
  - la mesure de la Distance Doigt-Sol (DDS) qui correspond à la distance séparant l'extrémité du médius du sol, lorsque le sujet réalise, genoux tendus, une flexion maximale du tronc.

- l'évaluation de la mobilité au moyen de la double inclinométrie [491,636]. Cette technique, grâce à l'utilisation simultanée de deux inclinomètres (**Figure 56**), différencie la mobilité du secteur lombaire de celle du secteur pelvien. Le sujet réalise une flexion maximale du tronc en conservant les genoux tendus. La soustraction de la mesure de l'inclinomètre sur le sacrum (S2), reflétant la mobilité pelvienne, de la mesure de l'inclinomètre en D12-L1, reflétant la mobilité pelvienne et lombaire, indique la flexion lombaire (**Figure 56**).

**Figure 56 :** Evaluation de la mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral au moyen de la double inclinométrie [147]



- o **L'endurance cardiorespiratoire.** Elle s'apprécie par un test cycloergométrique sous-maximal (pour la procédure : voir pages 84-85).
- o **L'endurance des extenseurs du tronc** au moyen du test de Sorensen (pour la procédure : voir page 44). Lors de leur première séance d'évaluation, les sujets opérés n'étaient pas soumis à cette épreuve.

### III.3.3.2.2. Ecole du Dos (ED)

Après la première séance d'évaluation (S1), les patients participent à 8 séances bihebdomadaires d'Ecole du Dos, de deux heures, se déroulant généralement le mardi (exposés théoriques) et le jeudi (séances d'exercices pratiques dirigés) et réparties sur une durée d'un mois (**Figure 57**).

L'enseignement est dispensé par un médecin spécialiste en Médecine Physique, deux kinésithérapeutes, une psychologue et un ergonomiste. Il s'adresse à des groupes de huit patients et comporte :

- des exposés théoriques relatifs aux aspects médicaux et biomécaniques du rachis.
- des exercices d'éveil des spinaux, abdominaux et extenseurs des membres inférieurs (fessiers, quadriceps).
- des exercices améliorant la proprioception rachidienne, l'apprentissage du verrouillage lombo-sacré et de l'auto-agrandissement afin d'améliorer le recrutement des muscles du tronc [145].
- la pratique d'activités dirigées : manutention de charges, exécution de tâches ménagères, activités récréatives, activités professionnelles, ...
- un exposé et une discussion avec une psychologue (pour évoquer le vécu émotionnel de la douleur, les stratégies personnelles pour y faire face et l'impact de la douleur chronique sur la qualité de vie) et avec un médecin spécialiste en Médecine Physique envisageant tous les aspects pathologiques et thérapeutiques.
- l'ergonome aborde les fondements ergonomiques et l'exposition professionnelle à divers facteurs de risque de lombalgie. Des techniques pratiques de prévention, pour le travail en station debout et assise, sont également enseignées.



**Figures 57** : Séances d' « Ecole du Dos ».

### III.3.3.2.3. Reconditionnement physique (RP)

Le programme se poursuit par 25 séances de reconditionnement physique (RP) de deux heures et ce, à la fréquence de deux à trois fois par semaine (**Figure 58**).



Ces séances collectives se composent :

- d'un **entraînement cardio-vasculaire** sur bicyclette ergométrique, sous forme d'interval training avec une résistance individuelle, afin d'améliorer le potentiel aérobie.
- d'une **gymnastique collective** permettant la tonification de la musculature du tronc et des membres inférieurs (dorsaux, abdominaux, fessiers, quadriceps et ischio-jambiers). Ces exercices se réalisent dans différentes positions (debout, décubitus ventral, décubitus dorsal, décubitus latéral, position quadrupédique, à genoux, contre un mur...), chacun d'eux étant sélectionné de manière à minimiser les contraintes mécaniques lombaires. Des exercices de stabilisation lombaire sont également réalisés.
- d'**assouplissements** (fessiers, ischio-jambiers, quadriceps, adducteurs des hanches, chaîne postérieure,...).
- d'un **renforcement instrumentalisé** progressif et individualisé des muscles du tronc au moyen de machines spécifiques (David Back 110, 130, 150, 120), sollicitant respectivement les extenseurs, fléchisseurs, latéro-fléchisseurs et rotateurs du tronc. Les charges sont adaptées en fonction de l'évaluation initiale (S1) pour les séances 1-8 et en fonction de l'évaluation intermédiaire (S18) pour les séances suivantes

(Tableau XIX). En cas d'éventuelle recrudescence algique, les charges sont diminuées avant de réenvisager la progression prévue.

**Tableau XIX** : Programme de renforcement musculaire instrumentalisé.

\* = adaptation de la charge en fonction des résultats de l'évaluation S18.

	Charge (%FMV)	Nombre de séries	Nombre de répétitions
<b>Séances 1-2</b>	0	2	30
<b>Séances 3-4</b>	30%	2	30
<b>Séances 5-6</b>	30%	3	30
<b>Séances 7-8</b>	30%	4	30
<b>Séances 9-10</b>	30%*	3	30
<b>Séance 11</b>	40%*	2	25
<b>Séance 12</b>	40%*	4	25
<b>Séance 13</b>	60%*	2	20
<b>Séance 14</b>	60%*	4	20
<b>Séances 15-16</b>	80%*	2	10
<b>Séances 17-18</b>	80%*	3	10
<b>Séances 19-20</b>	80%*	4	10
<b>Séance 21</b>	80%*	4	10
	40%*	2	30
<b>Séance 22</b>	80%*	3	10
	40%*	3	30
<b>Séances 23-24</b>	80%*	4	10
	40%*	3	30
<b>Séance 25</b>	80%*	4	10
	40%*	4	30

- d'une prise en charge **rééducative individuelle** (kinésithérapie) à raison d'environ 30 minutes par semaine.

La durée moyenne du programme atteint 4 mois.

### **III.3.3.3. Analyse statistique**

Pour l'analyse descriptive des données, les différentes variables sont exprimées sous forme de « moyenne  $\pm$  écart-type ».

Le test statistique de Shapiro-Wilk permet de vérifier la normalité de la distribution de chaque variable.

La comparaison des résultats des séances d'évaluation (en termes de scores aux questionnaires ou de performances physiques) a été réalisée au moyen d'une « ANOVA » pour mesures répétées, complétée par le test de « BONFERRONI » ou du test non paramétrique de Friedman.

Les groupes expérimentaux ont été comparés à l'aide d'une ANOVA.

Une étude corrélative a été effectuée à l'aide du test de « Pearson » afin de quantifier la relation entre les scores algofonctionnels, gestuels et de kinésiophobie initiaux, le pourcentage d'amélioration de ces différents scores ainsi qu'entre le pourcentage d'amélioration de ces scores et celui des paramètres physiques.

Afin de nous assurer que les sujets de notre étude rétrospective étaient représentatifs de notre population globale, nous avons comparé leurs scores algofonctionnels à S1 à l'aide du « t-test ».

Le seuil de signification statistique est fixé à 5% ( $p < 0,05$ ).

### III.3.4. Résultats

#### III.3.4.1. Groupe témoin

Le **Tableau XX** représente les scores algofonctionnels et de kinésiophobie du groupe témoin.

**Tableau XX** : Scores algofonctionnels (en pourcentage) et de kinésiophobie (en u.a.) du groupe témoin.

AVQ : Activités de la Vie Quotidienne ; T/L : Travail, Loisirs ; A/D : Anxiété/Dépression ; Soc : Sociabilité ; NS : Non-Significatif ( $p>0,05$ ).

	<b>Pre-test</b> m (ET)	<b>Post-test</b> m (ET)	<b>p-value</b>
EVA (%)	41,5 (23,2)	38,3 (23,7)	NS
EIFEL (%)	41 (15,5)	37,5 (16)	NS
Dallas AVJ (%)	46,9 (17)	52,7 (17,9)	NS
Dallas T/L (%)	52 (23,3)	50,6 (22,4)	NS
Dallas A/D (%)	29 (21,4)	33,1 (20,6)	NS
Dallas Soc (%)	29,8 (19)	27,3 (20,5)	NS
Dallas global (%)	39,4 (17)	40,9 (15,6)	NS
Kinésiophobie (u.a.)	42,3 (7,5)	41,5 (7,6)	NS

L'analyse statistique ne démontre aucune différence entre les scores mesurés à quatre semaines d'intervalle.

#### III.3.4.2. Groupe expérimental

##### III.3.4.2.1. Etude prospective

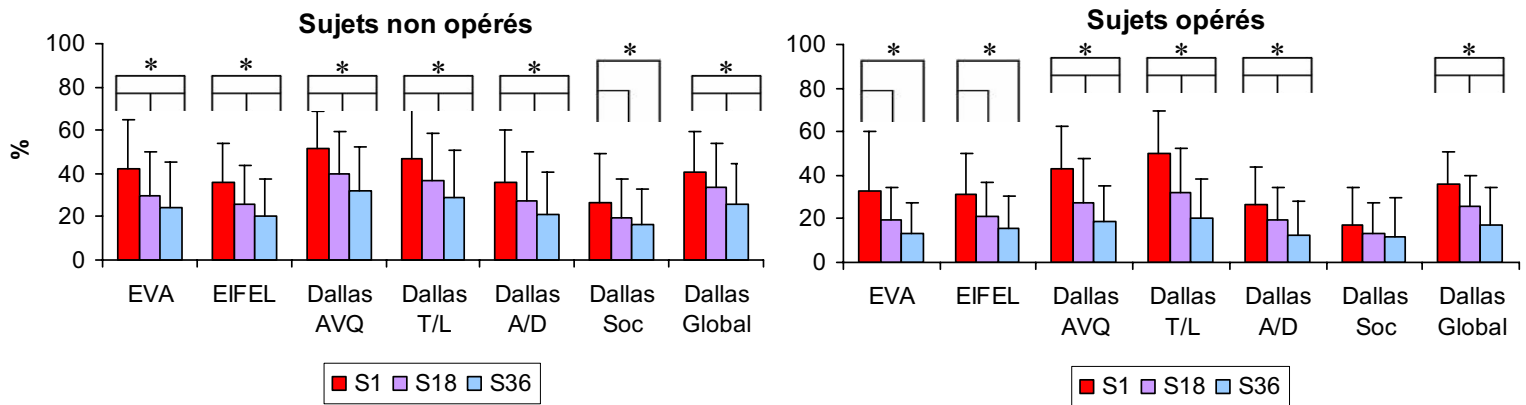
###### ○ **Questionnaires algofonctionnels (Figure 59)**

Chez les sujets non opérés, on note une diminution hautement significative ( $p<0,001$ ) des scores algofonctionnels de S1 à S18, de S18 à S36 et de S1 à S36, excepté pour le score de Dallas relatif aux relations sociales de S18 à S36 ( $p>0,05$ ).

Les scores algofonctionnels des sujets opérés diminuent significativement (excepté pour le score de Dallas relatif aux relations sociales) de S1 à S18 et de S1 à S36. La comparaison des scores obtenus à S18 et S36 révèle que la diminution est uniquement

significative pour les trois premières composantes du questionnaire de Dallas et pour le score de Dallas global.

La comparaison des sujets non-opérés et opérés indique que le score EVA de la douleur ainsi que le score de Dallas (activités vie quotidienne) apparaissent plus élevés pour les sujets non-opérés et ce, lors des 3 évaluations ( $p < 0,05$ ). Le score de Dallas global apparaît également plus élevé pour ces sujets à S18 et S36 ( $p$ -value atteignant respectivement 0,053 et 0,055).



**Figure 59** : Scores algofonctionnels (en pourcentage) des sujets non opérés ( $n = 136$ ) et opérés ( $n = 24$ ) ayant accompli les 36 séances du programme (moyennes + 1 écart-type).

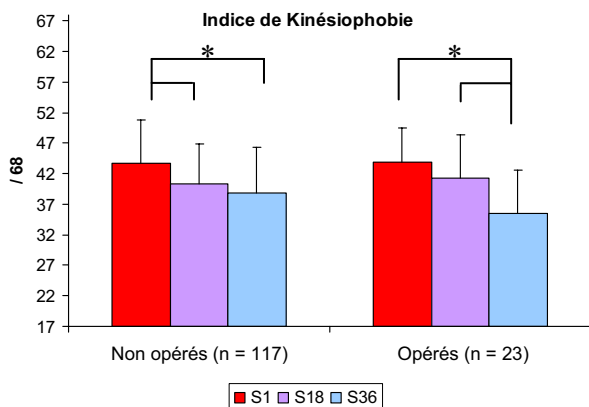
AVQ : Activités de la vie quotidienne ; T/L : Travail, loisirs ; A/D : Anxiété/dépression ; Soc : Sociabilité.  
S1, S18 et S36 : séances d'évaluation initiale, de milieu et de fin de programme respectivement. \* =  $p < 0,05$

o **Indice de kinésiophobie (TSK) (Figure 60)**

Chez les sujets non-opérés, les indices de kinésiophobie diminuent de S1 à S18 ( $p < 0,001$ ), de S18 à S36 ( $p = 0,064$ ) et de S1 à S36 ( $p < 0,001$ ).

Les sujets opérés présentent une diminution de leur score de kinésiophobie au cours de la seconde moitié du programme ( $p < 0,01$ ), les scores à S1 étant également supérieurs à ceux de S36 ( $p < 0,001$ ).

La comparaison des sujets non-opérés et opérés indique des scores similaires excepté à S36 où les sujets opérés présentent des scores moins élevés ( $p = 0,04$ ).



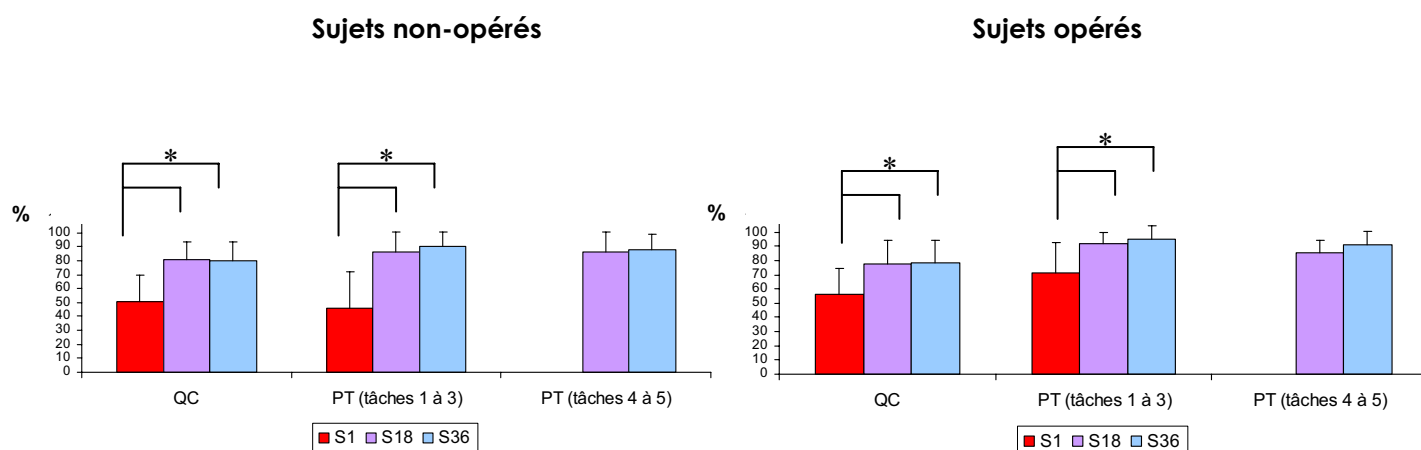
**Figure 60** : Indice de kinésiophobie (coté sur 68) des sujets non opérés ( $n = 117$ ) et opérés ( $n = 23$ ).

S1, S18 et S36 : séances d'évaluation initiale, de milieu et de fin de programme (moyennes + 1 écart-type). \* =  $p < 0,05$ .

○ **Scores cognitif et gestuels (Figure 61)**

L'analyse statistique démontre, après les 18 premières séances, une amélioration hautement significative ( $p < 0,001$ ) des scores cognitif et gestuel des sujets non opérés et opérés. Aucune modification ( $p > 0,05$ ) n'est observée dans la seconde moitié du programme. Les scores au terme du programme (S36) demeurent significativement plus élevés que lors de la première évaluation.

La comparaison des scores des sujets non-opérés et opérés n'objective aucune différence en terme de score cognitif. Par contre, les sujets opérés présentent des scores gestuels plus élevés ( $p < 0,001$  à S1,  $p = 0,077$  à S18, et  $p = 0,042$  à S36).



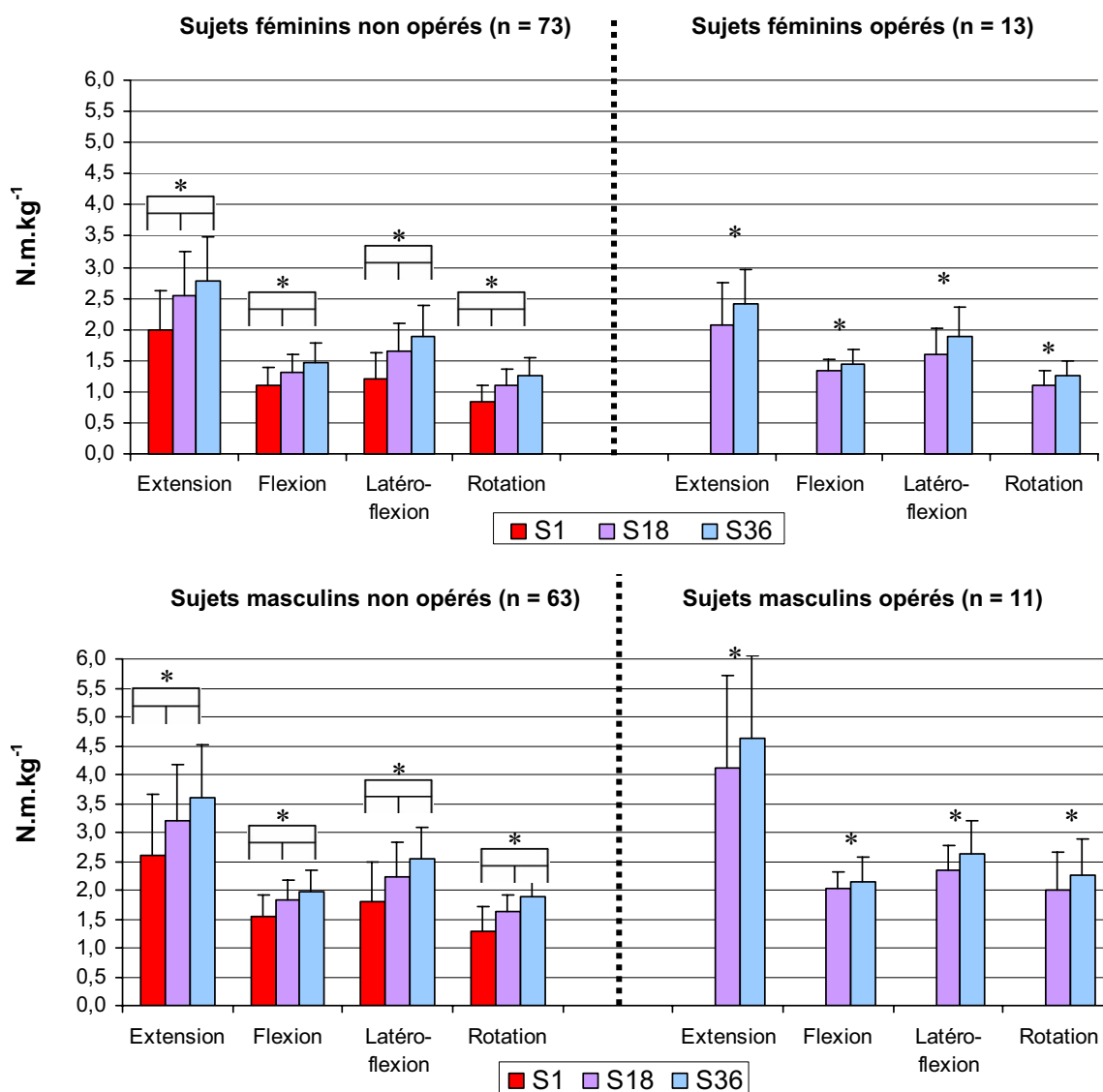
**Figure 61** : Scores (en pourcentage) des sujets non opérés (n = 136) et opérés (n = 24) au questionnaire cognitif (QC) et au parcours-test (PT) (moyennes + 1 écart-type).

S1, S18 et S36 : séances d'évaluation initiale, de milieu et de fin de programme. \* =  $p < 0,05$ .

○ **Epreuves physiques**

Test de force isométrique maximale des muscles du tronc

La **Figure 62** illustre les moments de force relatifs des muscles du tronc des sujets féminins et masculins.



**Figure 62** : Moments de force relatifs des muscles du tronc (N.m.kg<sup>-1</sup>) des sujets féminins non opérés (n = 73) et opérés (n = 12), et des sujets masculins non opérés (n = 63) et opérés (n = 11) (moyennes + 1 écart-type). 10 sujets féminins lombalgiques, 6 sujets masculins lombalgiques et 1 sujet féminin opéré n'ont pas réalisé les évaluations des extenseurs à la demande du médecin prescripteur ou en raison de douleurs.

S1, S18 et S36 : séances d'évaluation initiale, de milieu et de fin de programme.

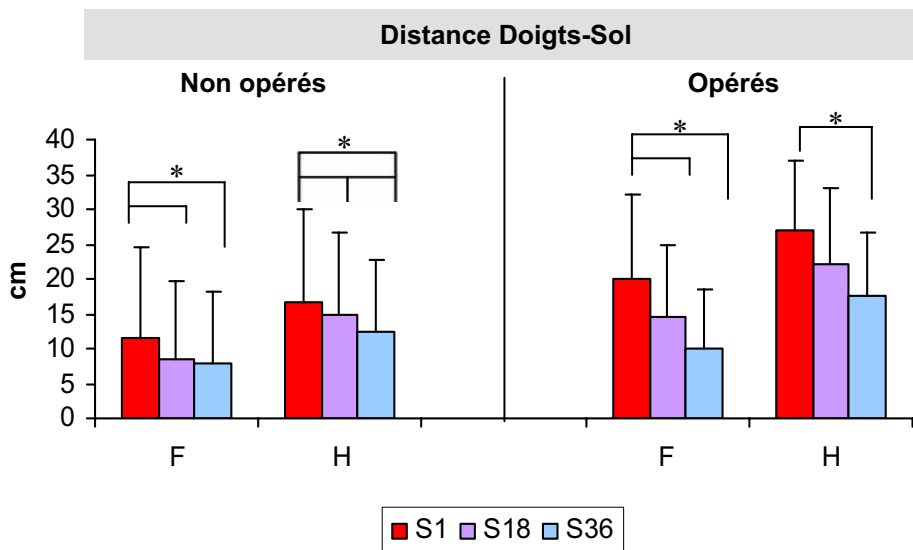
\* = p < 0,05

Les sujets non-opérés féminins et masculins présentent une nette amélioration ( $p < 0,001$ ) des moments de force relatifs des extenseurs, fléchisseurs, latéro-fléchisseurs et rotateurs lors de la première moitié du programme ainsi qu'au cours des 18 séances suivantes. Les moments de force des sujets opérés apparaissent également améliorés ( $p < 0,05$ ) entre S18 et S36.

La comparaison des performances des sujets non-opérés et opérés indique que les moments de force relatifs des extenseurs sont plus élevés pour les sujets féminins non-opérés à S18 ( $p < 0,03$ ). Inversement, les sujets opérés masculins présentent des performances plus élevées ( $p < 0,05$ ) que les sujets non-opérés pour les muscles extenseurs (à S18 et S36) et rotateurs (à S18 et S36).

#### Mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral

- Distance Doigts – Sol



**Figure 63 :** Distance Doigts-Sol, (en centimètres) des sujets féminins non opérés ( $n = 73$ ) et opérés ( $n = 13$ ), et des sujets masculins non opérés ( $n = 63$ ) et opérés ( $n = 11$ ) (moyennes + 1 écart-type).

F: sujets féminins, H: sujets masculins; S1, S18 et S36: séances d'évaluation initiale, de milieu et de fin de programme.

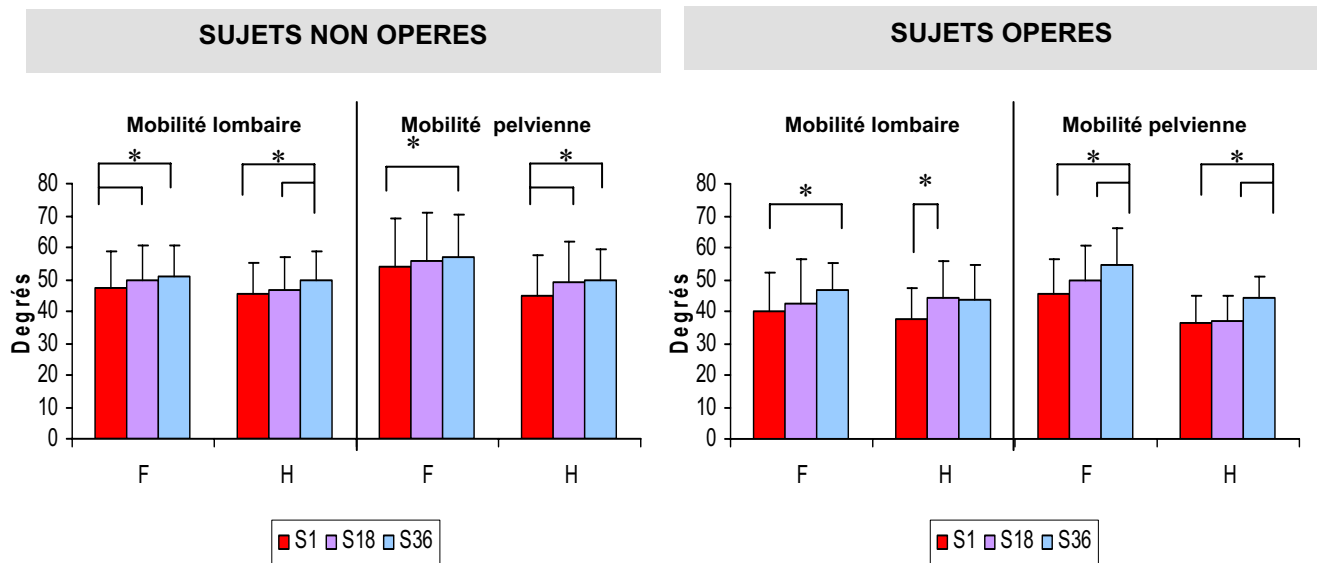
\* =  $p < 0,05$ .

Chez les sujets non opérés masculins et féminins, la Distance Doigts-Sol apparaît diminuée ( $p < 0,01$ ) suite à la première et la seconde moitié du programme, excepté pour les sujets féminins de S18 à S36 ( $p > 0,05$ ).

Chez les sujets opérés féminins, une diminution ( $p < 0,05$ ) de la DDS est mise en évidence de S1 à S18. Comparativement aux valeurs initiales (S1), la DDS mesurée au terme du programme apparaît significativement inférieure ( $p < 0,01$ ) tant chez les sujets masculins que féminins.

La comparaison de la DDS des sujets non-opérés et opérés précise la mobilité plus faible des opérés à S1 ( $p < 0,05$ ) et S18 ( $0,058 < p < 0,075$ ).

- Double inclinométrie :



**Figure 64 :** Mesure de la mobilité lombaire et pelvienne (en degrés) des sujets féminins non opérés (n = 73) et opérés (n = 13), et des sujets masculins non opérés (n = 63) et opérés (n = 11) (moyennes + 1 écart-type).

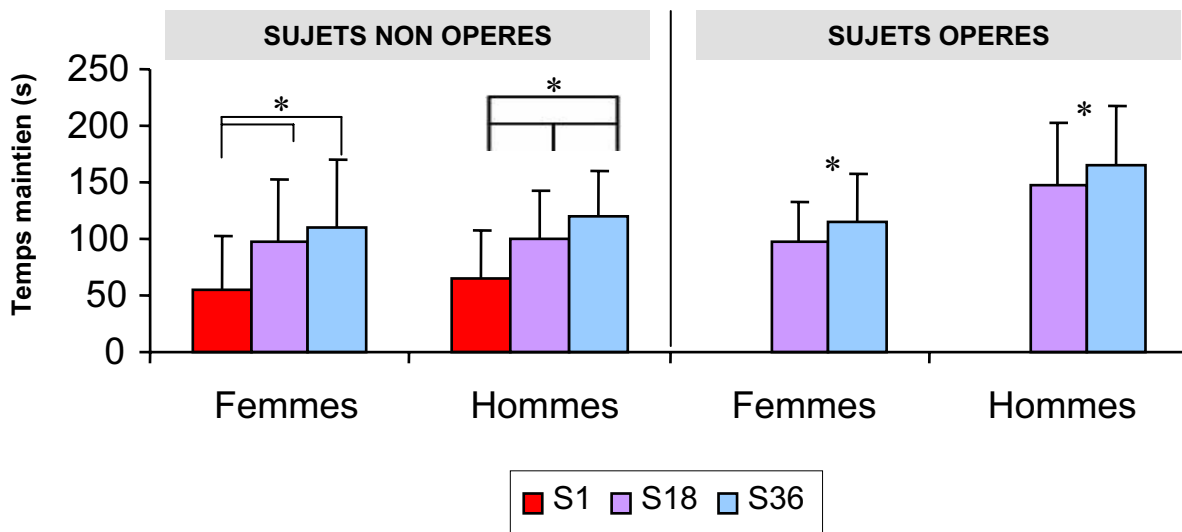
F : sujets féminins, H : sujets masculins ; S1, S18 et S36 : séances d'évaluation initiale, de milieu et de fin de programme. \* =  $p < 0,05$ .

Chez les sujets non opérés, la mobilité des sujets masculins apparaît significativement améliorée de S18 à S36 pour le secteur lombaire et de S1 à S18 pour le secteur pelvien tandis que les sujets féminins présentent une amélioration de la mobilité lombaire au cours de la première moitié du programme ( $p < 0,05$ ). L'analyse statistique met en évidence dans les deux groupes, une augmentation ( $p < 0,05$ ) de la mobilité lombaire et pelvienne de S1 à S36.

Chez les sujets opérés, la mobilité pelvienne augmente suite à la seconde moitié du programme tant pour les patients masculins que féminins ( $p < 0,05$ ). La mobilité pelvienne objectivée au terme du programme (S36) apparaît plus élevée que la mobilité initiale (S1) ( $p < 0,05$ ). La mobilité lombaire s'améliore ( $p < 0,05$ ) de S1 à S36 pour les sujets féminins et de S1 à S18 pour les sujets masculins.

La comparaison des sujets non-opérés et opérés indique une mobilité lombaire et pelvienne plus faible ( $p < 0,05$ ) chez les sujets opérés à S1. A S18, la mobilité lombaire des sujets féminins et la mobilité pelvienne des sujets masculins demeurent moins élevées chez les sujets opérés ( $p < 0,05$ ).

Endurance des extenseurs du tronc (test de Sorensen)



**Figure 65 :** Endurance des extenseurs du tronc (en secondes) à S1, S18 et S36 des sujets féminins non opérés (n = 73) et opérés (n = 13) ainsi que des sujets masculins non opérés (n = 63) et opérés (n = 11) (moyennes + 1 écart-type).  
\* = p<0,05

Chez les sujets non opérés masculins et féminins, l'analyse statistique révèle une augmentation (p<0,01) de l'endurance des extenseurs du tronc de S1 à S18 et de S18 à S36 (uniquement chez les sujets masculins).

L'endurance musculaire des sujets opérés s'améliore (p<0,05) de S18 à S36.

La comparaison des sujets non-opérés et opérés indique des temps de maintien plus élevés pour les sujets masculins opérés (p<0,05).

Endurance cardio-respiratoire

**Tableau XXI :** Puissance relative (CT65% exprimée en Watts par kilogramme) à S1, S18 et S36 des sujets féminins non opérés (n = 55) et opérés (n = 10) ainsi que des sujets masculins non opérés (n = 60) et opérés (n = 10).  
Des lettres différentes représentent des différences significatives (p<0,05).

CT65 % (W.kg <sup>-1</sup> )	S1 m (ET)	S18 m (ET)	S36 m (ET)
<b>NOP féminins (n = 55)</b>	1,6 (0,3) <sup>a</sup>	1,7 (0,5) <sup>ab</sup>	1,9 (0,4) <sup>b</sup>
<b>OP féminins (n = 10)</b>	1,58 (0,3) <sup>a</sup>	1,76 (0,2) <sup>ab</sup>	1,97 (0,3) <sup>b</sup>
<b>NOP masculins (n = 60)</b>	1,98 (0,7) <sup>a</sup>	2,1 (0,7) <sup>ab</sup>	2,3 (0,7) <sup>b</sup>
<b>OP masculins (n = 10)</b>	2,1 (0,5) <sup>a</sup>	2,2 (0,6) <sup>ab</sup>	2,38 (0,6) <sup>b</sup>

Les résultats de 21 patients non-opérés (18 sujets féminins) et de 4 patients opérés (3 sujets féminins) n'ont pas pu être interprétés en raison du nombre insuffisant de paliers ( $n < 3$ ) réalisés.

On note une augmentation ( $p < 0,01$ ) de l'endurance cardiorespiratoire de S1 à S36 tant chez les sujets non opérés que chez les sujets opérés ; leur comparaison ne démontre aucune différence ( $p > 0,05$ ).

### III.3.4.2.2. Etude rétrospective

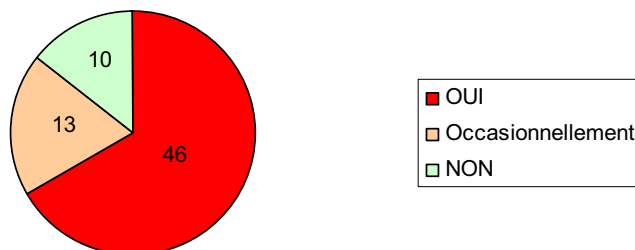
Afin de nous assurer que les sujets de l'étude rétrospective ayant répondu au questionnaire téléphonique (n=69), ayant été soumis aux questionnaires algofonctionnels (n=55) et aux épreuves physiques (n=38) pouvaient effectivement représenter notre population globale (n=136), nous avons comparé leurs scores algofonctionnels de l'évaluation initiale avec ceux de la population globale ; l'analyse statistique ne révèle aucune différence ( $p > 0,05$ ).

#### **Questionnaire téléphonique**

Les résultats du questionnaire téléphonique sont illustrés ci-dessous :

##### Douleur

46 sujets (66,7%) rapportent toujours des douleurs lombaires, 13 sujets (18,8%) ne se plaignent que de douleurs occasionnelles et 10 sujets (14,5%) ne forment plus de plainte algique (**Figure 66**).

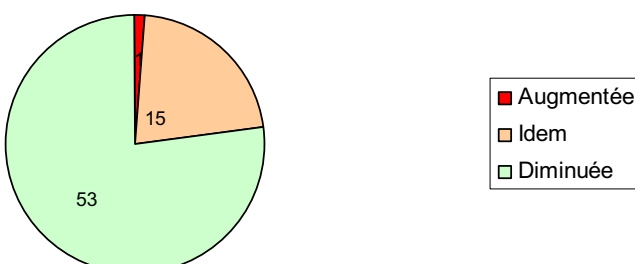


**Figure 66 :**

Réponse à la question : « Votre dos vous fait-il toujours souffrir ? »

(n = 69).

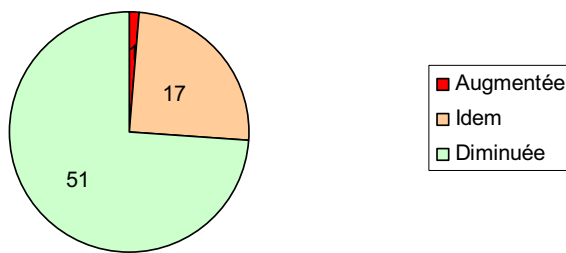
53 sujets (76,8%) rapportent une réduction de la fréquence de leur douleur, 15 sujets (21,7%) ne relatent aucun changement, tandis que 1 sujet (1,5%) a plus souvent mal qu'auparavant (**Figure 67**).



**Figure 67 :** Evolution de la fréquence de la douleur depuis la participation au programme.

(n = 69).

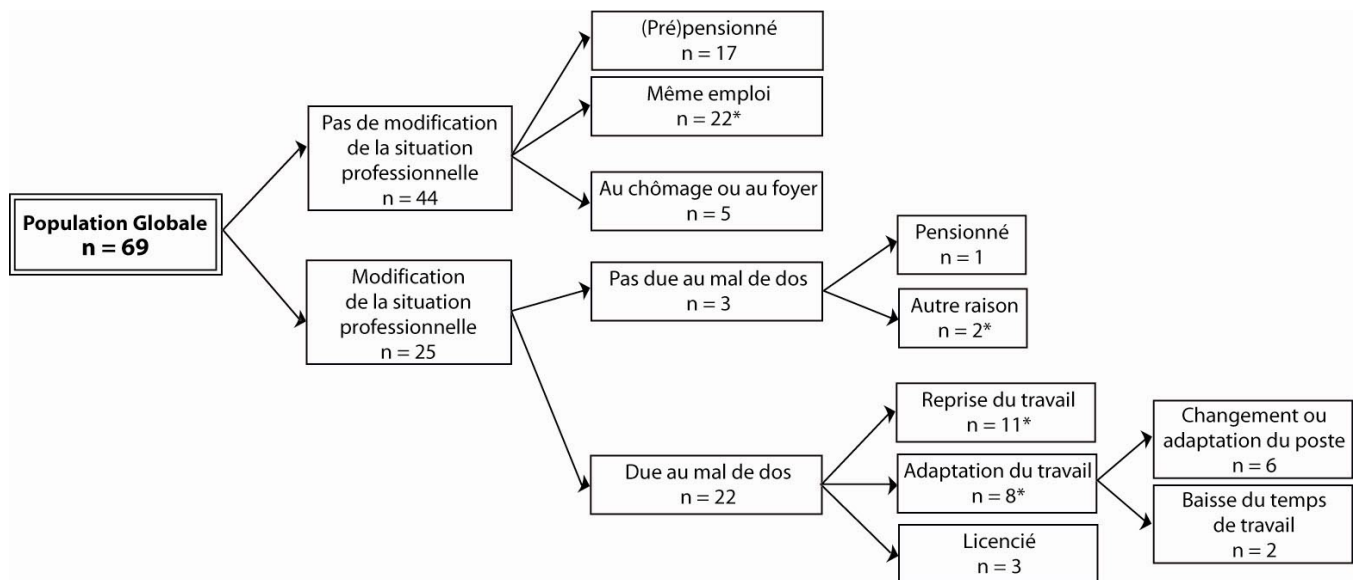
L'intensité de la douleur diminue chez 51 sujets (73,9%), demeure stable chez 17 sujets (24,6%), et augmente chez 1 sujet (1,5%) (**Figure 68**).



**Figure 68** : Evolution de l'intensité de la douleur depuis la participation au programme.  
(n = 69).

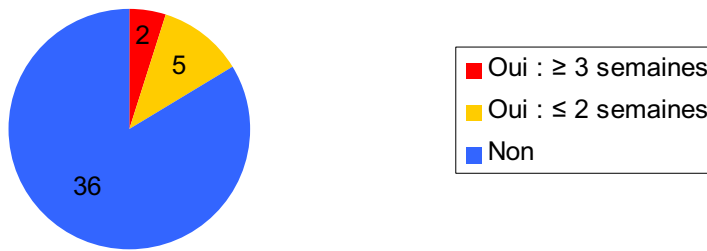
### Situation professionnelle

Parmi les 69 patients soumis au questionnaire téléphonique 1 à 1,5 an après leur prise en charge, 44 n'ont pas modifié leur situation professionnelle. Parmi les 25 restants, 3 ont modifié leur situation professionnelle et ce, pour des raisons indépendantes de leur rachis. Parmi les 22 autres, 18 patients bénéficiaient d'incapacité de travail au moment de leur prise en charge ; après 1-1,5an, 11 ont repris leur activité professionnelle, 8 ont bénéficié d'une adaptation de leur travail (changement d'activité, adaptation du poste ou réduction du volume horaire) et 3 ont été licenciés en raison de la durée de leur incapacité ...



**Figure 69** : Evolution de la situation professionnelle des 69 sujets non opérés recontactés 1 à 1,5 an après leur participation.

\*= actuellement actif dans le monde du travail.



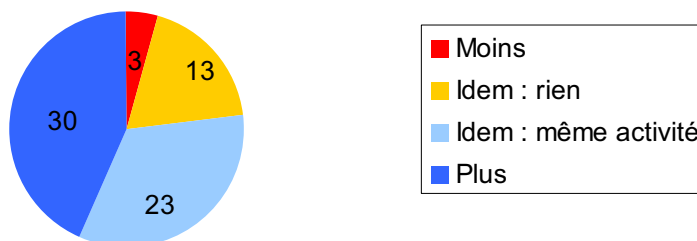
**Figure 70** : Nombre de sujets (parmi les 43 actifs sur le plan professionnel) qui, à la suite de leur « maux de dos », ont bénéficié ou non de congés de maladie depuis leur participation au programme.

(n = 43).

36 personnes (83,7%) déclarent ne pas avoir dû bénéficier de congés de maladie en raison de lombalgie, 5 sujets (11,6%) ont interrompu leur activité professionnelle pendant moins de 2 semaines, et 2 sujets (4,7%) se sont absentés au moins trois semaines.

### Activités physiques

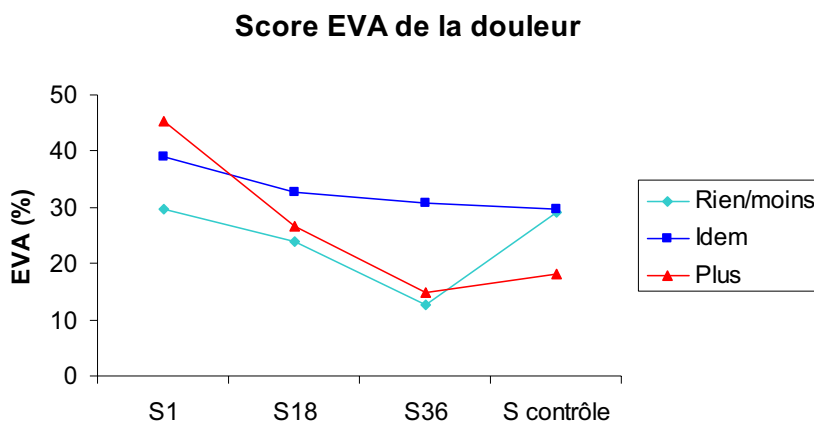
Suite à leur participation au programme, 3 sujets (4,4%) ont réduit leurs activités physiques tandis que 36 sujets ne les ont pas modifiées (13 d'entre eux (18,8%) continuent à ne pratiquer aucune activité, et les 23 autres (33,3%) continuent à pratiquer les mêmes activités). Par contre, 30 sujets (43,5%) pratiquent plus d'activités (**Figure 71**).



**Figure 71** : Réponse à la question : « Pratiquez-vous plus, moins ou autant d'activités physiques qu'avant votre participation au programme ?

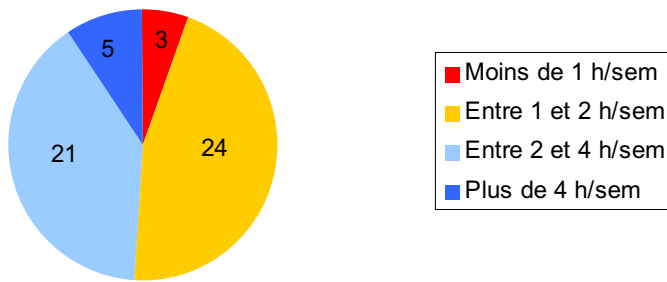
(n = 69).

Lors de la séance contrôle, ces sujets pratiquant plus d'activités physiques présentent un score douloureux plus faible ainsi qu'une diminution pourcentuelle de ce score (- 52%) plus importante que les deux autres groupes ( $p < 0,05$ ) (**Figure 72**).



**Figure 72** : Score EVA de la douleur (exprimé en pourcentage) rapporté par les sujets ayant répondu aux questionnaires algofonctionnels lors de la séance contrôle (n = 55) et répartis en 3 groupes : les patients qui, depuis leur participation au programme multidisciplinaire, pratiquent plus d'activités physiques (groupe « Plus »), les sujets n'ayant pas modifié leur pratique sportive (groupe « Idem ») et les patients ne pratiquant (plus) aucune activité sportive (groupe « Rien/Moins »).

Parmi les 53 sujets physiquement actifs, 3 (5,6%) pratiquent moins d'une heure par semaine d'activités physiques, 24 sujets (45,3%) y consacrent entre une et deux heures



par semaine, 21 (39,6%) pratiquent entre deux et quatre heures hebdomadaires ; enfin, 5 sujets (9,5%) bénéficient de plus de 4 heures d'exercices physiques par semaine.

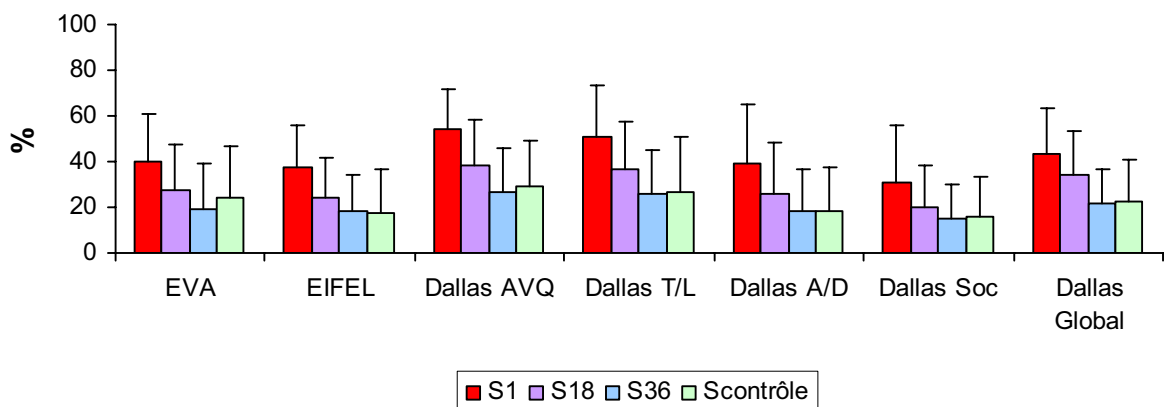
**Figure 73 :** Durée hebdomadaire consacrée aux activités physiques.

(n = 53).

### Questionnaires envoyés

#### Questionnaires algofonctionnels

Lors de la séance contrôle, les scores algofonctionnels apparaissent inférieurs ( $p < 0,001$ ) à ceux de la séance initiale. D'autre part, certains scores du questionnaire de Dallas (items relatifs aux activités de la vie quotidienne, aux activités professionnelles et de loisirs, ainsi que le score Dallas global) sont inférieurs à ceux rapportés à S18 ( $p < 0,01$ ). Il n'existe aucune différence ( $p > 0,05$ ) entre les scores de la dernière séance (S36) et de la séance contrôle (**Figure 74**).



**Figure 74 :** Evolution des scores algofonctionnels des sujets (n=55) de l'étude rétrospective à S1, S18, S36 et lors de la séance contrôle (moyennes + 1 écart-type). AVQ : Activités de la vie quotidienne ; T/L : Travail, loisirs ; A/D : Anxiété/dépression ; Soc : Sociabilité.

### Indice de kinésiophobie, scores cognitif et gestuels

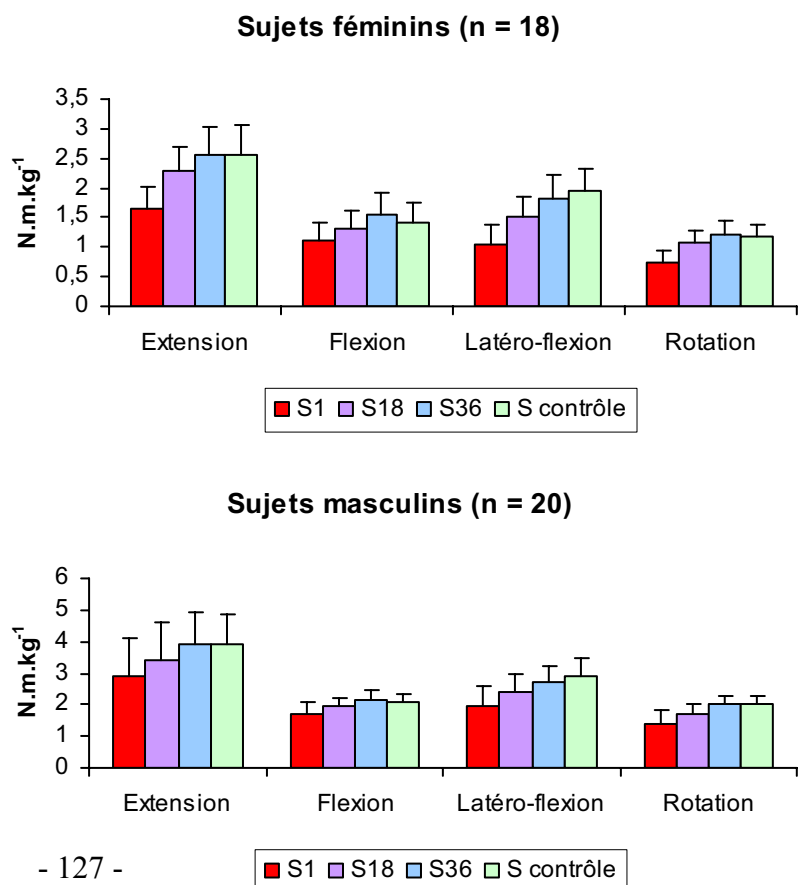
Lors de la séance contrôle, l'indice de kinésiophobie et les scores gestuels n'apparaissent pas différents ( $p>0,05$ ) de ceux observés au terme du programme (S36). Inversement, le score cognitif diminue ( $p<0,05$ ) lors de la séance contrôle comparativement au score du terme du programme. Celui-ci demeure néanmoins plus élevé que celui observé lors de l'évaluation initiale ( $p<0,05$ ).

### **Epreuves physiques**

#### Test de force isométrique maximale des muscles du tronc

Tant chez les sujets masculins que féminins, les moments de force relatifs des extenseurs, fléchisseurs, latéro-fléchisseurs, et rotateurs du tronc mesurés lors de la séance contrôle ne diffèrent pas ( $p>0,05$ ) de S36 (excepté pour la force des latérofléchisseurs des sujets masculins qui apparait augmentée lors de l'évaluation contrôle ( $p<0,05$ )). Les performances demeurent supérieures à celles enregistrées à S1 pour tous les sujets ( $p<0,001$ ), et à celles de S18 pour tous les MFM des sujets masculins et pour le MFM des latérofléchisseurs des sujets féminins ( $p<0,05$ ) (**Figure 75**)

**Figure 75** : Moments de force relatifs des muscles du tronc ( $N.m.kg^{-1}$ ), à S1, S18, S36 et lors de la séance contrôle des sujets féminins ( $n = 18$ ) et masculins ( $n = 20$ ) (moyennes + 1 écart-type).



L'évaluation de la mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral, de l'endurance des extenseurs du tronc ainsi que de l'endurance cardio-respiratoire ne révèle aucune différence entre les performances mesurées lors de S36 et lors de la séance contrôle ( $p > 0,05$ ).

#### III.3.4.2.3. Etude corrélative

L'étude de la relation entre les différents scores initiaux algofonctionnels, cognitifs, gestuels et de kinésiophobie précise des coefficients de corrélation inférieurs à  $r = 0,35$  excepté pour le score EIFEL, effectivement corrélé au score de Dallas AVQ (reflétant l'impact de la douleur sur les activités quotidiennes ( $r = 0,71$ )).

Les scores initiaux algofonctionnels, cognitifs, gestuels et de kinésiophobie n'étaient pas corrélés à leur diminution pourcentuelle ( $r < 0,1$ ). Les pourcentages d'amélioration de ces scores étaient faiblement corrélés entre eux ( $r < 0,5$  excepté pour la relation entre la diminution des scores EIFEL et de Dallas =  $0,55$ ).

L'amélioration des paramètres physiques n'apparaît pas liée à celle des scores algofonctionnels, cognitifs, gestuels et de kinésiophobie ( $r < 0,3$ ).

### III.3.5. Discussion

#### Evaluations

La prise en charge d'un lombalgique nécessite une exploration de sa douleur et de ses répercussions fonctionnelles mais également de ses capacités physiques. Ce bilan initial permet d'identifier les objectifs, de choisir le traitement le plus adéquat et de suivre l'évolution du patient.

La nomenclature de l'INAMI impose une évaluation initiale et finale ; cependant, nos patients sont également évalués lors de la 18<sup>ème</sup> séance afin de mieux objectiver leur évolution et, le cas échéant, réajuster la prise en charge avant la fin du programme. Ces évaluations permettent de conscientiser les patients concernant leurs potentialités, leur condition physique et leurs progrès, éléments favorisant le changement de comportement [733].

#### Aspects algofonctionnels

L'imagerie cérébrale fonctionnelle peut localiser les zones cérébrales actives en présence de phénomènes douloureux [569]. La quantification objective de la douleur reste néanmoins illusoire bien qu'une étude préliminaire rapporte une relation positive entre l'activité cérébrale (émanant d'électrodes situées au sein du thalamus et de la substance grise périaqueducale) et l'intensité subjective de la douleur [670].

De nombreux questionnaires autorisent une évaluation algofonctionnelle. Les échelles numérique, verbale, visuelle analogique (EVA) constituent les modes les plus fréquents d'évaluation algique [445,458,554]. L'**EVA** [318] permet une évaluation subjective simple, rapide, reproductible [263,445], discriminante (grâce au large éventail de scores) et sensible au changement [263]. L'évaluation de la douleur sur une période de plusieurs jours serait plus pertinente qu'une évaluation instantanée [328] ; l'utilisation d'une échelle horizontale apparaît plus valide qu'une échelle verticale [684].

Les répercussions fonctionnelles de la lombalgie peuvent également s'apprécier par divers questionnaires [247]. Les plus utilisés en clinique [48,247] sont « The Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire » [181], et « The Roland and Morris Disability Questionnaire » [617], adapté du « Sickness Impact Profile » [230]. Validé en langue française sous le nom d'**EIFEL** [111], il est simple, rapide (5 minutes), reproductible [48,67,246] et sensible aux changements [36,616,617,683]. Sa validité a été démontrée par son excellente concordance avec d'autres questionnaires d'incapacité fonctionnelle [246,403,617,716].

Contrairement à l'EIFEL, qui apprécie surtout les répercussions de la douleur sur les activités quotidiennes, le questionnaire de **Dallas** précise le retentissement de la douleur en explorant trois dimensions supplémentaires (les activités sociales (travail/loisirs), l'état psychologique et les relations interpersonnelles). Ce questionnaire, reproductible [398,478], discriminant [398], et sensible aux changements [478] a été validé en langue française [398]. Il constitue un adjuvant pertinent de l'EVA de la douleur et du questionnaire EIFEL.

Sur base de diverses recommandations internationales [4,48,78,147,279], nous utiliserons ces questionnaires.

#### Aspects cognitif et gestuel

Les observations sur le lieu de travail (généralement filmées ou en direct) objectivent de manière fiable les contraintes de diverses tâches professionnelles [359,673]. Ces techniques permettraient également d'apprécier la gestuelle vertébrale, mais elles sont contraignantes en termes logistiques [445], et difficilement applicables en clinique. Des épreuves plus simples, rapides et nécessitant peu de matériel ont été développées [508,737]. Nous avons utilisé le **parcours-test** [737] en raison de ses qualités métrologiques (reproductible, sensible au changement et valide [737]). L'adéquation entre l'attitude fonctionnelle lors de l'évaluation et la réelle gestuelle quotidienne demeure néanmoins hypothétique [737].

Les questionnaires appréciant les connaissances théoriques relatives à l'anatomie du rachis, la physiopathologie de la lombalgie et les principes d'économie rachidienne ne sont pas nombreux [142,404,638]. Cette évaluation pourrait cependant objectiver les connaissances initiales de lombalgiques ainsi que les acquis liés au programme de l'Ecole du Dos. Dès lors, nous avons élaboré un **questionnaire cognitif** dont les qualités métrologiques ont été vérifiées [143].

#### Aspect phobique

La crainte du mouvement et/ou la peur de se (re)blessé (kinésiophobie) doit être évaluée en raison de son influence sur la persistance algique et le passage à la chronicité [347,494]. Le « Fear Avoidance Belief Questionnaire » (FABQ) [756] et l'**échelle de kinésiophobie** (« Tampa Scale of Kinesiophobia ») [375] ont été validés [202,248,691,776] et constituent deux questionnaires classiques [691]. Compte tenu des nombreux items relatifs aux activités professionnelles du FABQ et de l'hétérogénéité professionnelle de nos patients, ce questionnaire, pourtant valide en langue française [90], n'a pas été utilisé.

### Aspects physiques

Le déconditionnement physique du lombalgique se traduit généralement par une altération des performances des muscles du tronc, de la souplesse et de l'endurance cardio-respiratoire [486] ; ces variables ont été examinées lors de notre prise en charge. Conformément aux conclusions de notre première contribution, l'évaluation des **muscles du tronc** a été réalisée au moyen d'un test de force isométrique maximale et du test de Sorensen (endurance).

De nombreuses évaluations permettent d'apprécier la mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral de lombalgiques chroniques dans le plan sagittal (tests de Schöber ou Schöber-modifié, Distance-Doigt-Sol, Sit and Reach) [104,445]. Ces tests ne différencient pas la mobilité des secteurs lombaire et pelvien [714] contrairement à la technique de **double-inclinométrie** [426]. Cette technique, antérieurement validée [491,636], présente une reproductibilité intra-expérimentateur satisfaisante [160,348,364,541] et une reproductibilité inter-expérimentateur acceptable [348] (CCI > 0.85 [757]). Cette évaluation, discriminante et sensible aux modifications induites par un traitement [491,757], est recommandée par l'« American Medical Association » [14] et la Belgian Back Society [147].

Notre évaluation de la mobilité comporte également la mesure de la **distance doigts-sol** (DDS) en raison de sa reproductibilité [208,219] et de son usage clinique régulier [336,651,704].

L'**endurance cardiorespiratoire**, appréciée par un test sous-maximal [546], serait plus adaptée que les épreuves calorimétriques directes afin d'évaluer des patients douloureux chroniques [773].

### Aspects professionnels

Le paramètre « reprise du travail » n'a pas été considéré comme un élément essentiel de l'efficacité de notre programme. En effet, cette variable, influencée par de nombreux éléments (satisfaction au travail, situation familiale, compensations financières...) [171,214,612], présente une faible corrélation avec l'amélioration fonctionnelle [272,506] ; par ailleurs, certains de nos patients n'exerçaient aucune activité professionnelle.

### **Contenu du programme**

Notre programme comporte 36 séances de 2h et ce, conformément à la nomenclature INAMI. Son aspect multidisciplinaire répond aux recommandations de plusieurs groupes d'experts [109,548]. Les programmes multidisciplinaires varient en termes de contenu et/ou de

durée [250] ; leurs caractéristiques optimales n'ont toujours pas été établies. Notre prise en charge se base sur des éléments scientifiques : le programme comporte plus de 30h [250] et se compose de séances collectives particulièrement appréciées [466], d'apprentissages cognitifs [777], de l'intervention d'un ergonome (pouvant améliorer le poste de travail) [18,428,345], de tonification musculaire et d'étirements dirigés en tenant compte des capacités individuelles [270], d'un renforcement musculaire spécifique [341,694], d'un travail aérobie [324], de diverses évaluations algofonctionnelles et physiques [584,733], d'apprentissages sensori-moteurs [369], d'exercices de stabilisation lombaire [130,189], et d'une kinésithérapie individuelle [338,514].

Les modalités optimales d'exercices physiques (type, durée, fréquence,...) réservés aux lombalgiques chroniques ne sont pas établies [79,484] ; en conséquence, nos séances respectent les principes physiologiques généraux de l'entraînement. La durée et la fréquence des séances de reconditionnement physique sont fixées à 2 heures de façon bi- ou trihebdomadaire [13,267,728], l'entraînement sur cycloergomètre dure plus de 20 minutes à une FC de 60-75% de la FC maximale théorique [267] et le renforcement instrumentalisé des muscles du tronc se réalise progressivement. Les charges légères utilisées en phase initiale permettent de réduire les craintes et les éventuelles inhibitions, alors que la fin du programme comporte un travail significatif de force [184,378].

La fréquence de renforcement trihebdomadaire de la musculature périphérique semble plus efficace que des séances bihebdomadaires [63] ; inversement, cette différence n'influence pas le gain de force des muscles axiaux [241,378,410,591,605].

## **Groupe expérimental**

### Statut initial

La présence de facteurs médico-légaux (litige, accident de travail) constitue un critère classique d'exclusion en raison de son moindre pronostic de réussite [200,592]. Nos patients souffrent en moyenne depuis une décennie, durée conforme à celle des lombalgies chroniques classiques [445,468].

Les scores initiaux algofonctionnels (39%) apparaissent similaires à ceux relevés par d'autres auteurs [51,336,466,615,619] et reflètent des douleurs modérées. Les scores de Dallas précisent que la majorité des patients présentent des répercussions physiques majeures, parfois associées à un impact social et psychologique. Notre prise en charge multidisciplinaire, permettant la réactivation physique et la réalisation d'efforts en surmontant un seuil douloureux limitatif, semble adaptée. Cette réactivation progressive apparaît également

pertinente en raison de la kinésiophobie initiale de nos patients : score moyen de 44 u.a., supérieur au seuil de *kinésiophobie importante* fixé à 40 u.a. [558] et aux scores relevés dans d'autres études [663,744,748].

Les faibles scores cognitif et gestuel démontrent les connaissances théoriques insuffisantes ainsi qu'une gestuelle vertébrale médiocre. Nos patients présentent également une réduction initiale de la mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral en flexion [491,751,757] et de leurs capacités physiques justifiant l'intérêt d'une prise en charge multidisciplinaire.

### Abandons

La majorité des patients adhère très favorablement au nouveau programme ; cependant, 26% des sujets ont interrompu leur prise en charge pendant la première partie de celle-ci et 27% des sujets ayant été évalués à S18 n'ont pas terminé le programme. Ces observations sont interpellantes car chaque patient ne peut bénéficier que d'une seule prise en charge et l'ensemble des séances doit obligatoirement se dérouler sur une période de six mois. Nos résultats confirment le problème d'adhésion également relevé dans d'autres études : le taux d'abandon atteint 20% dans un groupe de patients bénéficiant d'un reconditionnement physique de quatre semaines [260], 31% au cours d'un programme physique et cognitivo-comportemental (5 séances de 3h30) [778], et même 50% lors d'une prise en charge de 8 semaines [410].

L'adhérence à des séances d'exercices pose également problème chez les sujets sains [213].

Les abandons au cours de la première moitié de notre programme pourraient résulter d'un screening inadapté (inclusion de patients trop douloureux). En effet, parmi les facteurs justifiant l'abandon d'un programme pluridisciplinaire, on retrouve les douleurs intenses, une incapacité fonctionnelle sévère, une incapacité professionnelle de longue durée et une faible conviction de pouvoir retravailler après le traitement [80]. D'autre part, certains patients n'avaient certainement pas conscience des contraintes horaires et logistiques (liées au travail ou à la vie familiale) ni de l'importance de la motivation, indispensable afin de mener à bien un tel programme de revalidation.

Les patients ayant interrompu le programme après la 18<sup>ème</sup> séance justifient leur abandon par ces contraintes logistiques, une dégradation ou, au contraire, une nette amélioration de leur état ainsi que par un manque de motivation. Cette interruption s'avère dommageable compte tenu des gains supplémentaires objectivés au cours de la seconde partie du programme.

## **Groupe contrôle**

Les scores algofonctionnels initiaux du groupe témoin (en attente de traitement) ne diffèrent pas de ceux du groupe expérimental. Ces scores restent stables au cours d'une période limitée, ce qui confirme plusieurs données antérieures [663,761]. Le délai entre les deux évaluations se limitait à 1 mois (correspondant au délai maximum d'attente) : il était difficilement envisageable que les sujets patientent plus longtemps avant d'entamer leur traitement.

La difficulté de constituer un groupe témoin et la supposée absence d'évolution naturelle favorable d'une lombalgie chronique (en l'absence de traitement) ont déjà été décrites [275,338,410,468].

## **Modifications induites par le programme**

### A court terme

Notre programme entraîne divers bénéfices sur les plans algofonctionnel, cognitif, gestuel et physique. Le score douloureux initial (42,5 u.a. à S1) diminue globalement de 44% (23,8 u.a. à S36). Cette réduction confirme la littérature relative à l'efficacité de programmes comportant des exercices physiques pour le traitement de la lombalgie chronique et relatant une amélioration pourcentuelle entre 10 et 60% [590].

Notre diminution de 43% (de 8,6 (S1) à 4,9 (S36) u.a.) du score EIFEL apparaît cliniquement significative [616] et est supérieure à celle d'autres études : Smeets et al. comparent 3 types de prises en charge (physique et/ou comportementale) et rapportent une réduction du score EIFEL (par rapport à celui du groupe contrôle) entre -2,25 et -2,65 u.a. [663]. Cette plus faible diminution intervient malgré des scores initiaux élevés (compris entre 13,5 et 14 u.a.). Notre réduction du score de Dallas (-38%) est comparable à celle d'un programme de restauration fonctionnelle de 5 semaines (5 jours par semaine et 6h/jour) [51].

L'amélioration de la kinésiophobie, objectivée par une réduction du score d'environ 5 u.a., confirme l'amélioration clinique [776]. De telles observations ont déjà été décrites dans les suites d'une thérapie cognitive associée à des exercices [68,202,681,685].

Notre prise en charge multidisciplinaire améliore les paramètres physiques (mobilité, force et endurance des muscles du tronc, endurance cardio-respiratoire) et ce, conformément à la littérature [275,291,336,341,442,608]. Un renforcement musculaire instrumentalisé similaire au

nôtre entraîne des gains de force inférieurs à ceux de notre travail (+45%) [341,468,693]. L'amélioration de l'endurance des muscles du tronc atteint 90% dans notre travail, mais les temps de maintien (~115 s) observés au terme de notre programme apparaissent légèrement inférieurs à d'autres études [51,468].

Notre prise en charge améliore significativement la mobilité tant pelvienne que lombaire, celles-ci devenant proches des valeurs normatives au terme du programme [147] ; nos observations confirment des résultats antérieurs [51,336,442,570].

L'amélioration de l'endurance cardiorespiratoire (16-20%) apparaît également conforme à la littérature [51,134,442,780].

L'amélioration algofonctionnelle résulterait de différents facteurs :

- les séances cognitivo-comportementales permettraient aux patients de modifier leur comportement et leur gestuelle, réduisant ainsi les contraintes rachidiennes [151],
- les séances de reconditionnement physique contribuent aux bénéfices en améliorant les qualités musculaires du tronc [341,468,693], la souplesse du complexe lombo-pelvi-fémoral [330], la condition physique [324] et le contrôle neuro-moteur [712,736]. Elles motivent les patients, les persuadent des bienfaits des activités physiques [464,664] et engendrent une diminution de leur kinésiophobie.

L'amélioration de la force relevée après la première moitié du programme (25% en moyenne) dépasse celle constatée entre la 18<sup>ème</sup> et la 36<sup>ème</sup> séance (16% en moyenne) bien que le nombre de séances de reconditionnement physique soit deux fois inférieur dans cette première partie. Les gains totaux de force de nos patients (compris entre 28,8% et 57,5% en fonction des groupes musculaires) dépassent largement ceux des étudiants sains (compris entre 13,1% et 33,3%) soumis à un renforcement musculaire similaire (résultats personnels non-publiés [103]). Ces observations suggèrent une levée d'inhibitions musculaires résultant d'une meilleure familiarisation, d'une amélioration de l'activation et de la coordination musculaire [265,468] ainsi que d'une diminution de la douleur et/ou de la crainte de celle-ci [589]. Ces hypothèses expliqueraient l'amélioration des performances musculaires dans les suites d'un programme Ecole du Dos comportant peu d'exercices physiques [106].

## A long terme

Afin d'apprécier l'efficacité à plus long terme (1 à 1,5 an), nous avons recontacté tous les patients qui, antérieurement, avaient bénéficié du programme. Suite à l'impossibilité de joindre certains patients, nos résultats concernent un échantillon d'une septantaine de sujets ayant répondu au questionnaire téléphonique standardisé. Les résultats, analysés de manière critique suite à la subjectivité inhérente à ce type d'enquête [203], indiquent un maintien des effets positifs ; effectivement, 3 sujets sur 4 signalent la persistance de leur amélioration (diminution de la fréquence et de l'intensité de la douleur).

Le questionnaire (n=55, envoi postal) et les épreuves physiques (n=38, CHU) démontrent le bon maintien des scores algofonctionnels et des paramètres physiques, confirmant l'efficacité à long terme des programmes multidisciplinaires [33,51,338,529].

Une réadaptation intensive devrait être proposée aux patients en interruption professionnelle depuis plus de 6 semaines [443]. L'intérêt de notre programme, en terme de reprise du travail, reste difficilement quantifiable compte tenu de l'hétérogénéité professionnelle de notre groupe. Sur les 18 patients en arrêt de travail au moment de la prise en charge, 11 sujets ont repris leur activité professionnelle tandis que 4 ont modifié leur volume horaire ou leur activité. Dans un groupe de patients en incapacité de travail depuis plus de 3 mois et bénéficiant d'un programme de restauration fonctionnelle (prise en charge quotidienne pendant 3 semaines à raison de 6h/jour), certains reprennent, un an après le programme, une activité professionnelle à plein temps (35,8%) ou à temps partiel (16,5%) [84].

De façon quelque peu décevante, 23% des sujets ne pratiquent plus d'activité physique ou en pratiquent moins, et seulement 43% ont augmenté leurs activités physiques malgré la délivrance, durant tout le programme, de messages insistant sur les bienfaits de ces activités. Nos résultats apparaissent inférieurs à ceux de Rainville et al., selon lesquels 95% des sujets pratiquent plus d'activités physiques depuis leur participation au programme [591], et de Helmhout et al. qui rapportent que 84% des sujets poursuivent des exercices de tonification de la musculature spinale neuf mois après leur traitement [275]. D'autres auteurs confirment ces excellents résultats, en terme de compliance à l'exercice physique, un an après un programme actif [266].

## **PATIENTS OPERES**

La plupart des patients ont bénéficié d'une cure de hernie discale par discectomie (L4-L5 ou L5-S1). Leurs scores algofonctionnels initiaux (EIFEL ~ 31,5%) apparaissent moins élevés que dans l'étude de Ostelo et al. (EIFEL ~ 58%) [557] : leur groupe expérimental se composait exclusivement de patients présentant des douleurs persistantes 6 semaines après l'intervention. Les scores douloureux et de Dallas de nos sujets opérés sont d'ailleurs inférieurs à ceux de nos sujets non-opérés tandis que leurs scores gestuels apparaissent supérieurs ( $p < 0,05$ ) témoignant de la qualité des conseils d'économie rachidienne prodigués en période post-opératoire. La comparaison entre nos sujets opérés et non-opérés en termes de performances physiques initiales est parcellaire car les patients opérés n'ont pas bénéficié des tests de force musculaire maximale et du test de Sorensen, difficilement réalisables chez certains patients opérés récemment [195]. Une réduction de force isocinétique prédominant au niveau des extenseurs a été décrite 3 mois après une intervention chirurgicale [489,492] ; l'importance (50%) du déficit suggère une atteinte neuromusculaire (lésions du rameau dorsal) [653] et la présence d'inhibitions centrales majeures (douleur, craintes,...), confirmant qu'une évaluation précoce de la force maximale ne doit pas être réalisée chez les patients opérés. La mobilité réduite (appreciée par une distance doigt-sol entre 20 et 30 cm) lors de l'évaluation initiale est régulièrement évoquée [254,462,489].

L'endurance cardiorespiratoire de nos sujets n'apparaît pas affectée ; d'autres auteurs rapportent cependant des déficits mineurs [489].

Notre programme entraîne une réduction des scores algofonctionnels au cours de la première et de la seconde moitié du programme, ainsi qu'une amélioration des scores gestuels et cognitifs démontrant la pertinence de séances complémentaires à celles de l'hospitalisation. Les patients opérés réduisent leur kinésiophobie lors de la seconde moitié du programme ( $p < 0,05$ ), leur score devenant même inférieur à celui des patients non-opérés. Ce résultat pourrait notamment s'expliquer par les scores algofonctionnels plus faibles des patients opérés. Tous les paramètres physiques (force et endurance des muscles du tronc, mobilité, endurance cardio-respiratoire) ont également été améliorés au terme du programme.

L'absence de groupe contrôle ne permet pas d'apprécier l'évolution naturelle de nos patients opérés et nous ne pouvons affirmer que seul le programme est responsable des modifications. Les améliorations algofonctionnelles naturelles apparaissent surtout au cours des deux premiers mois [253] ; notre programme débutant au cours du troisième mois post-opératoire, les améliorations sont vraisemblablement liées à notre prise en charge.

Une restriction des activités dans les suites d'une chirurgie discale n'est plus d'actualité [81]. Les prises en charge actives apportent des bénéfices supplémentaires en post-opératoire : un programme de reconditionnement physique intensif a été associé à des séances d'Ecole du Dos pour des patients opérés un mois plus tôt d'une hernie discale [191]. Ces auteurs rapportent une diminution du score EVA de la douleur de 78% (comparativement à une réduction de 45% dans le groupe « exercices à domicile + Ecole du Dos » et de 46 % dans le groupe contrôle) et une amélioration physique (mobilité lombaire et endurance des muscles du tronc).

Dans une revue de la littérature, 13 études (11 randomisées et contrôlées et 2 non-randomisées et contrôlées) apprécient les effets d'une revalidation active après cure de hernie discale [559]. Ils soulignent l'hétérogénéité du statut initial des patients, du délai d'introduction, de la durée, du contenu et de l'intensité des prises en charge. Les programmes intensifs, débutés 4 à 6 semaines après l'intervention chirurgicale [126,162,454], démontrent, à court terme, une efficacité supérieure à celle de programmes plus légers [559]. Leur efficacité à plus long terme n'a pas encore été rapportée [126,329,559]. Le renforcement rachidien intensif dynamique apparaît efficace [455] et bien toléré [455,559]. Une prise en charge active dans les suites immédiates de l'intervention n'augmente pas le taux de réintervention [362]. Ces résultats suggèrent que le délai (3<sup>ème</sup> mois post-op) d'inclusion des opérés dans notre programme pourrait éventuellement diminuer. La structure de notre prise en charge, composée de séances de protection rachidienne dans sa phase initiale, plaide en faveur de cette recommandation.

Aucune étude n'a apprécié l'efficacité d'une prise en charge en fonction du type d'intervention. Chez des patients opérés, on relève, 3 mois après l'intervention chirurgicale, des déficits musculaires majorés chez les patients présentant une arthrodèse [489] ; l'importance de cette intervention, l'incapacité fonctionnelle préopératoire prolongée et la présence d'autres antécédents chirurgicaux pourraient expliquer cette observation. Les dommages neuro-musculaires iatrogènes (dénervation partielle,...) pourraient également contribuer à ces observations [653].

En raison de notre faible échantillon, la distinction des patients sur base de la technique chirurgicale n'a pu être réalisée.

### III.3.6. Conclusions du chapitre III.3

- La prise en charge pluridisciplinaire des lombalgiques du CHU de Liège s'avère bénéfique à court et à long terme tant sur le plan algofonctionnel, qu'au niveau des connaissances théoriques et pratiques et des paramètres physiques (mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral, force et endurance des muscles du tronc, endurance cardio-respiratoire).
- L'amélioration générale pourrait s'expliquer par un progrès au niveau de la gestuelle, par de meilleures capacités physiques mais également par divers mécanismes non-spécifiques tels l'effet de groupe, le contact avec d'autres patients souffrant de la même pathologie [236,442] et/ou des levées d'inhibitions neuromusculaires.
- Un effort supplémentaire devrait permettre de réduire le taux d'abandon et améliorer la compliance à long terme vis-à-vis de la pratique des activités physiques.
- Les patients récemment opérés retirent également un bénéfice dans les suites d'une prise en charge multidisciplinaire. Un échantillon plus important et un suivi à plus long terme devraient permettre de confirmer ces observations.
- Les bénéfices relevés devront être confirmés par une étude randomisée comparant l'efficacité de notre programme à un autre type de prise en charge.

## IV. DISCUSSION GENERALE

---

Malgré de remarquables avancées, un traitement efficace de la lombalgie chronique reste délicat alors que les répercussions socio-économiques de cette pathologie demeurent considérables.

### **Evaluation de la musculature rachidienne**

En raison du rôle stabilisateur de la musculature paravertébrale et de son influence sur la survenue et la persistance de lombalgies, son exploration reste incontournable.

L'imagerie médicale (résonance magnétique (IRM) ou tomodensitométrie (TDM)) autorise une approche morphologique de la musculature spinale. Ces techniques apprécient de manière non-invasive et reproductible la surface de section et/ou la densité musculaire [131,350]. Elles révèlent, chez les sujets sains, l'augmentation de la section musculaire de haut en bas du rachis, particulièrement au niveau du multifide [131], et une absence de différence bilatérale [287]. Les sujets féminins présentent une section inférieure [352] ; l'influence de l'âge demeure spéculative [352,465,562,637]. La dégénérescence musculaire peut également être quantifiée par l'échographie [287], certes plus accessible que l'IRM, mais qui ne peut évaluer des muscles de grande section, la topographie précise de l'étage vertébral et la densité musculaire [144].

La biopsie apprécie la typologie et la dimension des fibres musculaires. Son caractère invasif s'accompagne de certains risques, limitant sur le plan éthique son utilisation en dehors d'un contexte opératoire [190] ou autopsique [334,579,657] ; l'étude de la typologie des muscles paravertébraux de sujets vivants non-opérés n'est guère fréquente [119,469]. Les muscles spinaux, en raison de leur fonction posturale, se caractérisent par une proportion élevée de fibres de type I (54-73%) [332,543]. Chez les sujets féminins, la surface de ces fibres constitue un pourcentage plus élevé du volume musculaire [461].

L'électromyographie intramusculaire du multifide lombaire (analyse à l'aiguille), malgré son manque de sensibilité et de spécificité dans l'exploration des radiculalgies lombo-sacrées, complète celui des myotomes des membres inférieurs en confortant le niveau proximal et donc probablement radiculaire de l'atteinte [706].

L'électromyographie de surface (S-EMG) constitue une approche séduisante appréciant l'activité et/ou la fatigabilité (glissement du spectre vers les basses fréquences) des muscles paravertébraux [144]. Cette technique, non-invasive, ne peut explorer les muscles profonds ; l'enregistrement de l'activité d'un muscle spécifique sera limité en raison d'un phénomène de recouvrement (« crosstalk ») lié aux groupes musculaires relativement proches [680]. L'absence de tout protocole standardisé complique d'éventuelles comparaisons ; par ailleurs, de nombreux facteurs peuvent influencer les résultats [136,566].

Le coût et la complexité de l'imagerie médicale, le caractère invasif de la biopsie mais aussi de l'EMG à l'aiguille, les facteurs influençant l'EMG de surface, et l'importante variabilité inter-individuelle associée à ces techniques [144] nécessitent le développement d'autres approches de la musculature rachidienne. Une analyse critique préliminaire s'avérait nécessaire afin de déterminer les épreuves les plus adaptées et disposant des meilleures qualités métrologiques. Notre première contribution démontre la faisabilité, l'innocuité (en l'absence de contre-indications, notamment cardiovasculaires) et la reproductibilité des tests de force maximale volontaire et de Sorensen pour évaluer les extenseurs du tronc. Ces épreuves ne sont cependant pas exclusivement spécifiques de la musculature spinale en raison de l'intervention des extenseurs de hanche. Le caractère discriminant et la sensibilité au changement constituent deux qualités métrologiques supplémentaires : nos travaux précisent les performances inférieures des lombalgiques comparativement à celles de sujets sains appariés et l'amélioration des performances au terme d'un programme de révalidation.

### **Altération et récupération musculaire : effets neuronaux versus musculaires**

La deuxième partie de notre travail démontre, de manière originale, l'altération spécifique de la fonction rachidienne des lombalgiques chroniques alors qu'aucune réduction n'a été relevée au niveau des membres inférieurs et de l'endurance cardio-respiratoire. Ces résultats divergent de la théorie du déconditionnement physique global, énoncée par Mayer et Gatchel [488], et confirmée dans d'autres études [37,407,666,742]. A titre d'exemple, Lee et al. [407] rapportent un déficit de force similaire pour les fléchisseurs-extenseurs du genou et du tronc chez des patients LBC. Nos observations peuvent être liées aux caractéristiques de notre population, composée uniquement de sujets présentant une lombalgie légère à modérée (la majorité d'entre eux ayant d'ailleurs conservé une activité professionnelle). Cet échantillon ne serait peut-être pas représentatif d'une population classique de LBC, généralement composée de patients avec d'importantes composantes algiques et fonctionnelles et caractérisée par un degré plus élevé de chronicité. L'absence d'un déconditionnement physique général systématique chez le lombalgique chronique est confirmée lors d'un suivi longitudinal : moins de 50% des lombalgiques présentaient une diminution de leurs

performances physiques 1 an après un épisode douloureux persistant plus de 4 à 7 semaines [61].

Les altérations spécifiques des extenseurs du tronc sont largement documentées : l'imagerie médicale des muscles rachidiens de lombalgiques chroniques précise régulièrement une section musculaire réduite [131,144,222,312] pouvant atteindre 10% [312]), ainsi qu'une diminution de la densité musculaire [312]. La relation entre la surface de section des paravertébraux et les performances n'est cependant pas systématique [312,346,352,521] vraisemblablement en raison d'une mesure imprécise de la section musculaire [346] et/ou d'une évaluation peu spécifique des performances [340].

Les biopsies des muscles rachidiens de lombalgiques restent également divergentes : certains observent une atrophie plus marquée des fibres de type II [763], d'autres ne rapportent aucune différence entre la typologie des muscles rachidiens de sujets sains et lombalgiques et ce, aussi bien pour la taille des fibres, la proportion de fibres lentes de type I et la surface relative de ces fibres lentes [119]. Inversement, une réduction de la proportion des fibres de type I au profit de fibres de type IIb et IIc a été décrite [459,469] expliquant la plus faible endurance des lombalgiques. La transformation de fibres lentes en fibres rapides suite à un déconditionnement physique ou à une immobilisation a déjà été rapportée au niveau de la musculature périphérique [252].

Bien que non systématique [339], une moindre utilisation de l'oxygène (lésions mitochondriales réduisant l'activité enzymatique oxydative ou recrutement musculaire particulier,...) pourrait expliquer l'altération des performances des LBC [377].

Compte tenu de son caractère spécifique, l'altération de la fonction musculaire rachidienne ne peut s'expliquer par la seule sédentarité de nos patients. Ces déficits résulteraient également d'inhibitions réflexes neuro-musculaires périphériques consécutives à des afférences anormales en provenance d'une région endommagée [316,526]. Une telle inhibition serait classiquement responsable d'altérations du contrôle moteur (troubles de coordination musculaire, délai d'activation musculaire accru...) [298,311,379,686] en raison d'un rétrocontrôle négatif de la douleur sur les motoneurones alpha [325]. Les douleurs induites expérimentalement chez des sujets sains entraînent une modification de l'activité de leurs motoneurones [480,689] et du contrôle postural [528].

Ces inhibitions réflexes peuvent être spécifiques [170] et toucher plus particulièrement les muscles extenseurs antigravifiques [170]. L'altération du pattern moteur des paravertébraux a été décrite chez le lombalgique chronique [129,193]. De telles inhibitions affecteraient préférentiellement le multifide et ce, dès la survenue d'un premier épisode algique [289]. Elles

sont associées à une atrophie musculaire spécifique (située ipsilatéralement au côté symptomatique) [131,361] précoce qui, en l'absence d'intervention spécifique et malgré la disparition de la douleur, pourrait persister [288]. Une réduction de la capacité à recruter volontairement le multifide (activité EMG réduite) a clairement été observée chez le lombalgique [129]. Ces observations, combinées à l'activation prépondérante de ce muscle lors du test de Sorensen [542] et lors d'extensions réalisées sur un dynamomètre similaire au nôtre [678], expliqueraient l'altération spécifique de nos performances musculaires ; ces résultats soulignent également l'intérêt de la réactivation et de l'amélioration des muscles extenseurs.

Les lésions tissulaires et leur contexte algique seraient également à l'origine de modifications supraspinales, notamment de la région corticale activée lors d'actions motrices [158], d'une réorganisation du cortex somatosensoriel [198] ainsi que d'une activité anormale du cortex cingulaire antérieur [309]. Ces altérations provoqueraient divers dysfonctionnements moteurs durables et la persistance d'un syndrome algique même après la disparition de stimuli nociceptifs périphériques [198,393,601].

Les tests de FMV et de Sorensen nécessitent un effort maximal ou soutenu et, en conséquence, nous ne pouvons exclure l'influence d'éventuelles inhibitions centrales. L'intensité algique avant l'effort, les sensations nociceptives lors de l'effort, la tolérance à la douleur, les craintes d'exacerbation algique, l'anxiété,... constituent autant d'obstacles potentiels à l'évaluation objective des capacités musculaires maximales de patients douloureux [106,117,119,222,293,344,352,507,695,748]. L'injection intraveineuse d'un antalgique (fentanyl : classe 3), préalablement à la réalisation du test de Sorensen, augmente (28%) le temps de maintien dans une population de lombalgiques (douleurs modérées à sévères) chroniques [597]. Lors de l'évaluation isométrique des extenseurs du tronc, il existe une relation négative entre les performances et la douleur anticipée et puis ressentie lors du test [12]. Suite à l'exclusion des lombalgiques sévères, et au vu des faibles scores EVA de kinésiophobie et EVA de la douleur (rapportés lors du test de FMV) et de la similitude de la pénibilité de l'effort (lors du test de Sorensen) de nos sujets lombalgiques et sains, l'influence de ces facteurs semble négligeable dans notre travail.

En pratique clinique, en raison de l'éventuelle sous-estimation des performances, l'interprétation des résultats restera prudente chez les patients douloureux chroniques et plus particulièrement en cas de kinésiophobie majeure associée [548]. Chez ces patients, les résultats expriment plus leur état fonctionnel que leur réel potentiel musculaire.

Quelques épreuves sous-maximales ont certes été décrites mais elles demeurent décevantes : lors d'un test dynamique et de durée limitée des extenseurs, l'évaluation de la fatigue utilise une mesure subjective de pénibilité de l'effort [695] ; d'autres épreuves sous-maximales ont essayé de quantifier la fatigabilité musculaire à l'aide de l'électromyographie de surface [107,342,344,468,542].

La méthode de stimulation surimposée constitue une approche théorique qui permettrait d'apprécier les capacités musculaires réelles et la présence d'éventuelles inhibitions centrales [215,740]. Cette méthode surajoute une stimulation électrique maximale à une contraction volontaire, le plus souvent isométrique et maximale, afin d'estimer le niveau d'activation volontaire. Cette analyse compare la force maximale volontaire par rapport à la force développée lors de la stimulation surimposée à cette contraction. La comparaison de ces mesures exprime le déficit d'activation [355]. Cette méthode a classiquement été décrite au niveau du quadriceps et ce, dans diverses circonstances pathologiques [626,721]. Il n'existe pas de différence en termes de force et de niveau d'activation du quadriceps entre des golfeurs sains et lombalgiques [686] ; par contre, un déficit d'activation plus élevé a été décrit chez des lombalgiques chroniques (particulièrement chez les patients les plus douloureux et se trouvant en détresse psychologique) [742], confirmant la présence d'inhibitions centrales. Chez les fibromyalgiques, le développement d'une force réellement maximale apparaît difficile sans stimulation additionnelle [325,420]. Bien que la lombalgie chronique présente quelques similitudes avec la fibromyalgie (affection musculo-squelettique, douleurs chroniques, déconditionnement physique, thérapie active recommandée...) [52,135,471], les patients souffrant respectivement de ces syndromes douloureux se distinguent par leur qualité de vie et leurs performances musculaires : contrairement aux sujets LBC, les fibromyalgiques présentent une altération musculaire globale [150,472] et la force de leurs muscles du tronc apparaît inférieure à celle des lombalgiques qui, pourtant, souffrent de douleurs essentiellement axiales [150].

Compte tenu de la complexité de l'extension du tronc et de son caractère polyarticulaire, la stimulation surimposée ne peut cependant être appliquée de façon valide aux muscles rachidiens [215].

Les gains de force relevés chez le lombalgique dans les suites de sa révalidation active résulteraient principalement d'effets neuronaux : levée d'inhibitions centrales et adaptations périphériques (meilleure coordination et synchronisation des UM,...) [255]. Le plus souvent, la structure musculaire (macro et microscopique) ne se modifie pas suite à cette prise en charge, pourtant efficace sur le plan algofonctionnel [346,521]. Les modifications musculaires (hypertrophie,...) sont conditionnées par la durée des programmes (minimum de 8 semaines)

et l'intensité des exercices (charges élevées) [255] et s'observent préférentiellement dans les populations algiques moyennes ou faibles (faible inhibition centrale) :

- un programme de plusieurs semaines, comportant des exercices de stabilisation et de résistance statique-dynamique, augmente la surface de section du multifide [128],
- un renforcement de 15 semaines (2-3 séances hebdomadaires - patients lombalgiques sub-aigus) modifie la surface musculaire et le dépôt adipeux [682],
- une augmentation de la taille des fibres de type II du multifide a été décrite chez des sujets masculins après 5 semaines d'un programme intensif suivi de 8 semaines d'exercices à domicile [608].

Malgré nos précautions méthodologiques (échauffement, familiarisation au dynamomètre, contractions sous-maximales préalables, tentatives multiples) l'augmentation prépondérante de la force au cours de la première moitié du programme suggère l'inhibition centrale de certains patients en phase initiale et souligne l'intérêt de l'évaluation intermédiaire afin de réajuster les charges d'entraînement.

### **Prise en charge du lombalgique chronique**

Les traitements passifs (massage, électrothérapie antalgique,...) constituent de simples techniques adjuvantes de la prise en charge du lombalgique chronique [548]. L'efficacité à court terme des séances d'Ecole du Dos (portant sur les connaissances théoriques et pratiques des patients) [151,317,430] augmente lorsque le programme comporte un reconditionnement physique [151,207]. Les sujets ayant bénéficié d'un programme éducatif réalisent plus adéquatement les exercices physiques [404], éléments essentiels de la prise en charge du patient LBC, car ils contribuent à l'amélioration algofonctionnelle [466] : outre l'augmentation de la mobilité, de la fonction musculaire (accroissement de la densité capillaire, mitochondriale et de la concentration en myoglobine,... [366]) et cardiorespiratoire, l'exercice physique améliore la nutrition discale [741], le bien-être, l'humeur, la confiance en ses capacités et la qualité du sommeil [79,360,425,524,646,707]. Un effet analgésique [300,301,371,456] pourrait être lié à la libération d'endomorphines (en réponse au stress de l'exercice) ; cette participation demeure controversée en raison des nombreux facteurs influençant sa libération (intensité et type d'exercice, niveau d'entraînement, ...) [31] ; d'autre part, la relation entre les variations plasmatiques d'endomorphines et celles relevées au niveau du liquide-céphalo-rachidien (système nerveux central) reste difficile à établir [188].

L'activité physique modifie également l'attitude des patients (diminution des pensées catastrophiques et du sentiment d'impuissance) [466,664,747].

Les bienfaits d'un renforcement instrumentalisé destiné à des LBC sont établis [341,537,605,660]. Ces programmes apparaissent aussi efficaces, en termes de diminution des scores algofonctionnels, que des exercices de stabilisation lombaire pourtant plébiscités à l'heure actuelle [677]. Néanmoins, le renforcement instrumentalisé ne serait pas plus bénéfique que d'autres traitements actifs : la comparaison de trois types de prise en charge (séances bihebdomadaires de gymnastique collective (1h) versus (vs) renforcement instrumentalisé des muscles du tronc (1h) vs prise en charge individuelle active (1/2h)) démontre, au terme des 12 semaines de traitement, l'efficacité similaire de ces trois traitements [467]. Notre programme combine les avantages spécifiques de ces 3 interventions (prise en charge individuelle : correction des déséquilibres musculo-ligamentaires spécifiques, sentiment d'intérêt,... ; prise en charge instrumentalisée : renforcement musculaire spécifique, progressif et individualisé,... ; gymnastique collective : agrément, compliance,...) [466].

Les traitements multidisciplinaires, qui agissent sur les composantes physiques, psychologiques, affectives et socioprofessionnelles, sont actuellement recommandés dans le cas de lombalgies rebelles aux traitements classiques en raison de leur efficacité supérieure aux traitements conventionnels [7,216,548]. Une revue de la littérature [250] concernant l'efficacité de ces prises en charge distingue les programmes légers (<30h) comportant des séances (bi)hebdomadaires et les programmes intensifs (>100heures) dénommés généralement « programmes de restauration fonctionnelle » (PRF), inspirés du programme PRIDE de Mayer [488]. Ces derniers se déroulent généralement pendant 3 à 6 semaines [216] et de façon intensive (ex : 57h/sem dans le programme de Mayer). Ils nécessitent parfois une hospitalisation [10] et engendrent alors une charge financière importante. Cette prise en charge intensive améliore effectivement le statut algofonctionnel [250]. Les résultats concernant la reprise du travail apparaissent contrastés : élevés aux USA [271,487] et plus mitigés dans les pays Scandinaves [555]. Cette variabilité (géographique) serait liée aux différences de sécurité sociale et de marché du travail [570].

Si les bénéfices (réduction des scores algofonctionnels) sont plus élevés après des programmes intensifs, ils ne sont peut-être pas à la hauteur des coûts engendrés [250]. Après un an, il n'existe guère de différence entre des patients ayant assisté à un PRF de 3 semaines (39h/sem) ou à un programme plus léger de 8 semaines (3x1.5h/sem) [33].

Notre programme (72h dont 66h de traitement) se situe entre les deux catégories décrites par Guzman et al.. Il permet des bénéfices similaires à ceux des programmes de restauration fonctionnelle tout en autorisant un éventuel maintien de l'activité professionnelle moyennant quelques aménagements horaires (mi-temps médical,...).

Notre prise en charge présente certaines similitudes avec celle de Lang [392] (85h) comportant des séances de 4h (1h30 d'exercices physiques, 30 min de traitement individuel, 1h de thérapie comportementale, 30 min de relaxation et 30 min d'éducation). Les patients investis dans ce traitement signalent une amélioration générale plus élevée que celle de sujets bénéficiant de seuls soins monodisciplinaires « classiques ». Bien que la réduction algique ne constitue pas notre objectif princeps (celui-ci étant de privilégier l'amélioration fonctionnelle), une diminution du score EVA de la douleur a été observée. Les sensations nociceptives résiduelles, persistant chez la majorité des patients, sont mieux vécues, améliorant la qualité de vie et favorisant la reprise du travail.

### **Facteurs prédictifs de succès et individualisation du programme**

Seuls les patients lombalgiques depuis plus de 6 semaines ou ayant subi une intervention chirurgicale récente peuvent (selon la nomenclature INAMI) bénéficier d'une telle prise en charge multidisciplinaire. Ce délai semble adéquat car intégrer trop précocement les patients à un programme intensif (stade aigu) n'apporte aucun bénéfice supplémentaire [656] et ce, en raison de la récupération spontanée, généralement observée, endéans les premières semaines suivant l'épisode aigu. La durée moyenne de la symptomatologie de nos patients atteint une dizaine d'années. En principe, il faudrait éviter un tel délai avant de proposer la prise en charge afin de limiter la chronicisation de la douleur et d'augmenter la probabilité d'un résultat favorable [331].

Une meilleure sélection des patients devrait réduire le taux d'abandon. L'intervention de la psychologue lors de l'évaluation initiale permettrait d'identifier les patients insuffisamment motivés et/ou nécessitant une prise en charge psychologique [200]. Les patients trop douloureux devront bénéficier de soins individuels avant d'envisager leur participation au programme pluridisciplinaire. L'élaboration d'un véritable « contrat moral » entre l'équipe (ré)éducative et le patient, devrait motiver ce dernier à s'investir dans sa prise en charge et à modifier son mode de vie afin de réduire le taux d'abandon.

Les critères optimaux de sélection des patients LBC en vue de bénéficier d'un programme multidisciplinaire ne sont pas clairement définis. Les patients ne répondant pas tous de la même façon à une prise en charge [456], plusieurs études ont recherché les variables éventuellement associées au succès du programme (en termes notamment de diminution de la douleur, de reprise professionnelle, ...) [291,604,699,727]. Le retour au travail dépendrait plus de facteurs psychosociaux que d'éléments pathologiques [758]. Le diagnostic médical, l'âge, le sexe, la situation familiale et la profession ne constituent pas des facteurs prédictifs du succès [171,291,510]. L'absence de relation entre la durée des symptômes et l'amélioration

des scores algofonctionnels ainsi qu'entre les paramètres physiques (initiaux ou exprimés en pourcentage d'amélioration résultant du programme) et algofonctionnels, confirme la littérature [244,291,314,331,510,570,693,694]. Elle reflète l'aspect multidimensionnel de la douleur mais aussi la complexité et la pertinence du modèle bio-psycho-social [757].

Une incapacité professionnelle limitée [32,51,84,291,570], la satisfaction au travail [727], de faibles scores initiaux reflétant la kinésiophobie mais aussi les pensées catastrophiques (catastrophizing) [685] ainsi que les attentes des patients [232,370] constituent les meilleurs indicateurs de reprise du travail. Les sujets demandeurs de traitements individuels reprendraient plus difficilement leur activité professionnelle [291]. Un effort particulier devrait permettre l'identification de ces patients.

Actuellement, et bien qu'une certaine individualisation existe au sein de notre programme (charges d'entraînement en fonction des performances individuelles et kinésithérapie individuelle), une sélection des patients présentant une kinésiophobie ou des répercussions psychosociales majeures autoriserait une thérapie encore plus adaptée (intervention accrue de la psychologue, thérapie de « désensibilisation »). Par ailleurs, la recherche systématique des signes d'instabilité (test d'instabilité en décubitus ventral positif, présence de caractéristiques anormales lors de la flexion–extension du tronc,... [146]) permettrait de proposer des exercices spécifiques aux patients qui le nécessitent [285]. L'intérêt de constituer des sous-groupes a été décrit lors de la comparaison de deux traitements comportant respectivement des exercices de stabilisation ou des manipulations [205] : dans le groupe « stabilisation », seuls les patients souffrant d'une hypermobilité présentent une diminution significative de leurs symptômes. Inversement, les patients sans signe d'instabilité ne sont pas améliorés par des exercices complémentaires de stabilisation [376].

### **Effets à long terme**

Le questionnaire et les épreuves physiques démontrent globalement le maintien des scores algofonctionnels et des paramètres physiques. Ces résultats positifs à long terme, confirmés sur un plan plus subjectif, concordent avec d'autres [275,341,467,570,591]. Certains [729] précisent néanmoins une efficacité à long terme des programmes multidisciplinaires sur la reprise professionnelle mais des effets plus limités au niveau algofonctionnel.

La mesure de l'observance d'un style de vie actif reste délicate car elle se réfère généralement aux seules déclarations des patients qui souvent scotomisent leur manque de compliance [662] : sur un groupe de sujets objectivement répertoriés comme inactifs, 61% se considéraient comme actifs... [732]. Malgré sa subjectivité, la mesure de l'observance permettrait de s'assurer que les patients ont modifié leurs comportements.

Trois facteurs, exerçant une influence négative sur la compliance, ont été décrits [662] : les barrières logistiques (temps nécessaire à la pratique d'exercices physiques, inadaptation à leur vie quotidienne, oubli, ...), l'absence de feedback positif régulièrement délivré par les thérapeutes, et le manque de confiance (en soi et en l'intérêt des exercices). Notre questionnaire téléphonique confirme cette théorie : ~20% des patients ne consacrent pas plus de temps aux activités physiques qu'avant leur participation au programme ; ils justifient leur sédentarité par leur manque de disponibilité, de motivation, par un oubli des exercices à réaliser ou la méconnaissance de centres de fitness adaptés à leur statut. Une collaboration avec de tels centres, qui devraient proposer un programme spécialement adapté aux lombalgiques, ainsi que la rédaction d'une brochure ou d'un DVD comportant les principaux exercices pourraient améliorer la compliance. La mise au point, lors de l'évaluation intermédiaire (S18), d'un programme d'exercices individualisés à domicile donnerait l'occasion aux patients de l'apprendre et de le tester avant le terme de la prise en charge et, éventuellement, de l'adapter lors de l'évaluation finale. L'ensemble de ces facteurs devrait permettre d'approcher les bons résultats de compliance sportive déjà rapportés [266].

Malgré les campagnes de promotion de la santé [41], la pratique régulière d'une activité physique reste problématique, même pour les sujets sains [25]. La « non-compliance » concerne également la prise en charge médicamenteuse (50% des patients) [629] ; pourtant, les contraintes liées à la prise de médicaments soutiennent difficilement la comparaison avec les efforts développés lors d'un programme de revalidation.

Les effets favorables d'une activité physique régulière sont confirmés dans notre travail : les patients qui ont augmenté leur pratique sportive présentent une diminution importante (- 52 %) de leur score algique initial alors que cette réduction apparaît plus faible (- 20%) ou absente dans les groupes n'ayant pas modifié leur pratique sportive ou n'ayant plus pratiqué d'activités physiques au cours de l'année écoulée. Ces résultats concordent avec la littérature : 14 mois après un renforcement musculaire instrumentalisé, les sujets restés actifs (80%) présentent moins d'épisodes douloureux, et une moindre incapacité de travail que les sujets redevenus sédentaires [693]. Le maintien de bons scores algofonctionnels chez les sujets ayant conservé une activité physique est confirmé par d'autres auteurs [453,467].

Si les connaissances de nos patients s'amenuisent légèrement, ils conservent une gestuelle correcte 1 an après leur participation au programme et ce, conformément à la littérature [764,508]. La majorité des patients souhaiterait bénéficier d'une séance de rappel relative aux conseils d'économie rachidienne ; elle devrait, selon eux, se dérouler un an après la participation au programme. Une telle séance permettrait au thérapeute de rappeler les bienfaits de l'exercice physique et de motiver les patients à poursuivre ou reprendre une activité physique régulière.

## V. CONCLUSIONS GENERALES

---

Au terme de ce travail, nous présentons nos conclusions principales en insistant sur les résultats les plus originaux.

### Evaluation des performances musculaires rachidiennes

Nous avons déterminé les tests les plus adaptés permettant l'évaluation des extenseurs du tronc de lombalgiques chroniques sur base d'étapes successives :

- 1°) Une revue critique de la littérature écarte les tests aux qualités discutables et sélectionne les épreuves les plus valides.
- 2°) Une étude comparative des tests ainsi sélectionnés sur des sujets jeunes et sains démontre que :
  - les tests de force maximale volontaire (CV<6%) et de Sorensen (CV<8%) sont reproductibles et bien tolérés,
  - l'association du test de Sorensen statique avec sa version dynamique ou le test d'Ito n'apparaît pas pertinente,
  - le test d'endurance statique 50%FMV est plus performant que le test dynamométrique dynamique.
- 3°) Le test de FMV sur le dynamomètre David Back et le test Sorensen sont bien tolérés par des lombalgiques chroniques et demeurent reproductibles ; cependant, le test de Sorensen sera réalisé à deux reprises afin de ne pas sous-estimer les performances.
- 4°) L'étude cardiovasculaire (sujets sains d'une cinquantaine d'années) confirme le caractère peu sollicitant du test de FMV ; par contre, le test de Sorensen entraîne une sollicitation cardio-vasculaire non négligeable (FC moyenne de 121 et 109 bpm et pression artérielle moyenne de 183/122 et 170/115 mmHg respectivement chez les sujets masculins et féminins). Les sujets présentant un facteur de risque (antécédents cardiaques, âge >40 ans, tabagisme) bénéficieront d'une épreuve d'effort préalable.

- 5°) Nos épreuves, sollicitant préférentiellement les muscles paravertébraux, ne peuvent cependant être considérées comme spécifiques des spinaux en raison d'une co-activation des extenseurs de hanche. La comparaison des dynamomètres David Back avec d'autres dynamomètres spécifiques objective des différences quantitatives rendant difficile les comparaisons inter-centres ; la relation élevée entre les mesures suggère cependant l'évaluation d'une même variable.

### **Performances physiques du lombalgique chronique**

- Les lombalgiques présentent une altération musculaire rachidienne spécifique comparativement à une population contrôle : le déficit de force et d'endurance des extenseurs du tronc atteint respectivement 20% et 28,6% chez les sujets masculins et 24% et 22,2% chez les patientes. La capacité cardiorespiratoire et les performances des membres inférieurs n'apparaissent pas diminuées.  
Ces résultats suggèrent une inhibition musculaire rachidienne spécifique plutôt qu'un déconditionnement physique généralisé.
- L'étude des différences inter-sexuelles indique des moments de force maximale et une capacité cardio-respiratoire plus élevés chez les sujets masculins ; par contre, l'endurance statique des muscles du tronc n'apparaît pas différente.

### **Aspects cliniques**

Nous avons évalué chez des patients lombalgiques l'efficacité à court et à long terme du programme de revalidation multidisciplinaire du CHU de Liège.

Au terme du programme (36 séances), nous observons une amélioration de toutes les variables :

- l'intensité de la douleur, évaluée au moyen d'une échelle visuelle analogique, se réduit de **44%** ;
- les répercussions fonctionnelles, appréciées à l'aide des questionnaires EIFEL et de Dallas, diminuent de **38-43%** ;
- la kinésiophobie, objectivée par l'échelle Tampa, diminue de **11,2%** ;

- les connaissances des patients (relatives aux lombalgies), évaluées au moyen d'un questionnaire cognitif, s'améliorent de **59%** ;
- la gestuelle vertébrale, appréciée à l'aide d'un parcours-test, est nettement affinée (**+95,5%**) ;
- la force des muscles du tronc, mesurée au moyen de dynamomètres spécifiques, augmente de **40%** ;
- l'endurance des extenseurs du tronc (temps de maintien au test de Sorensen) s'améliore de **90%** ;
- la mobilité du complexe lombo-pelvi-fémoral, appréciée à l'aide de la double inclinométrie, augmente de près de **8%** ;
- l'endurance cardiorespiratoire, évaluée lors d'un test sous-maximal sur bicyclette ergométrique, s'accroît de **18%**.

Une amélioration similaire est retrouvée chez les patients opérés.

Notre travail démontre l'efficacité de la prise en charge multidisciplinaire (combinant en outre les avantages spécifiques du renforcement musculaire instrumentalisé, de la gymnastique collective et de la kinésithérapie individuelle) recommandée par l'INAMI. L'organisation du programme (36 séances de 2 heures) offre un excellent compromis efficacité-accessibilité.

L'amélioration des performances musculaires résulterait principalement d'effets neuronaux (levée d'inhibitions musculaires) plutôt que d'une hypertrophie musculaire.

Le taux élevé d'abandons (26-27%) au cours de la première et de la seconde moitié du programme, souligne la nécessité d'une meilleure sélection initiale et d'une implication accrue du patient dans sa rééducation.

Le suivi à 1 an démontre le maintien à long terme des bénéfices algofonctionnels et physiques, particulièrement pour les sujets ayant adhéré à une pratique sportive suite à leur prise en charge. Seul 43,5% des patients ont augmenté leur volume d'activités physiques par rapport à celui déterminé lors du début du programme. Un effort supplémentaire devrait favoriser la poursuite d'une rééducation autonome.

## VI. BIBLIOGRAPHIE

1. Abenheim L, Suissa S, Rossignol M. Risk of recurrence of occupational back pain over three year follow up. *Br J Ind Med.* 1988; 45(12):829-33.
2. Adams MA, Dolan P. Spine biomechanics. *J Biomech.* 2005; 38(10):1972-83.
3. Adams MA, Mannion AF, Dolan P. Personal risk factors for first-time low back pain. *Spine.* 1999; 24(23):2497-505.
4. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES). Diagnostic, prise en charge et suivi des malades atteints de lombalgie chronique. 2000.
5. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES). Les appareils d'isocinétisme en évaluation et en rééducation musculaire : intérêt et utilisation. 2001.
6. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES). Prise en charge kinésithérapique du lombalgie. Consensus du 13 novembre 1998.
7. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klüber-Moffett J, Kovacs F, Mannion AF, Reis S, Staal JB, Ursin H, Zanoli G; COST B13 Working Group on Guidelines for Chronic Low Back Pain. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J.* 2006; Suppl 2:S192-300.
8. Alaranta H, Hurri H, Heliövaara M, Soukka A, Harju R. Non-dynamometric trunk performance tests: reliability and normative data. *Scand J Rehabil Med.* 1994; 26(4):211-5.
9. Alaranta H, Luoto S, Heliövaara M, Hurri H. Static back endurance and the risk of low-back pain. *Clin Biomech.* 1995; 10(6):323-4.
10. Alaranta H, Rytökoski U, Rissanen A, Talo S, Rönnemaa T, Puukka P, Karppi SL, Videman T, Kallio V, Slätis P. Intensive physical and psychosocial training program for patients with chronic low back pain. A controlled clinical trial. *Spine.* 1994; 19(12):1339-49.
11. Alexiev AR. Some differences of the electromyographic erector spinae activity between normal subjects and low back pain patients during the generation of isometric trunk torque. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1994; 34(8):495-9.
12. Al-Obaidi SM, Nelson RM, Al-Awadhi S, Al-Shuwaie N. The role of anticipation and fear of pain in the persistence of avoidance behavior in patients with chronic low back pain. *Spine.* 2000; 25(9):1126-31.
13. American College of Sports Medicine Position Statement: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. Personal communication, Pollock AM Chairman of revision committee, November 1988.
14. American Medical Association Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. 4<sup>th</sup> ed. Chicago IL: American Medical Association. 1993; 112-30.
15. Andersson E, Swärd L, Thorstensson A. Trunk muscle strength in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(6):587-93.
16. Andersson EA, Oddsson LI, Grundström H, Nilsson J, Thorstensson A. EMG activities of the quadratus lumborum and erector spinae muscles during flexion-relaxation and other motor tasks. *Clin Biomech.* 1996; 11(7):392-400.
17. Andersson GB. Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet.* 1999; 354(9178):581-5.
18. Anema JR, Cuelenaere B, van der Beek AJ, Knol DL, de Vet HC, van Mechelen W. The effectiveness of ergonomic interventions on return-to-work after low back pain; a prospective two year cohort study in six countries on low back pain patients sicklisted for 3-4 months. *Occup Environ Med.* 2004; 61(4):289-94.
19. Arokoski JP, Kankaanpää M, Valta T, Juvonen I, Partanen J, Taimela S, Lindgren KA, Airaksinen O. Back and hip extensor muscle function during therapeutic exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80(7):842-50.
20. Assaker R. Chirurgie mini-invasive du rachis. Etat de l'art, indications et techniques. *Rev Rhum.* 2004; 71(10-11):837-47.
21. Astrand NE. Medical, psychological, and social factors associated with back abnormalities and self reported back pain: a cross sectional study of male employees in a Swedish pulp and paper industry. *Br J Ind Med.* 1987; 44(5):327-36.
22. Ayers SF, Pollock ML. Isometric dynamometry. In : Stude DE Ed. *Spinal rehabilitation.* Stamford Connecticut : Appleton & Lange. 1999; pp. 339-367.
23. Balagué F, Troussier B, Salminen JJ. Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors. *Eur Spine J.* 1999; 8(6):429-38.
24. Barnekow-Bergkvist M, Hedberg GE, Janlert U, Jansson E. Determinants of self-reported neck-shoulder and low back symptoms in a general population. *Spine.* 1998; 23(2):235-43.
25. Barnes PM, Schoenborn CA. Physical activity among adults: United States, 2000. *Adv Data Vital Health Stat.* 2003; 333.
26. Bartko JJ. Measures of agreement: a single procedure. *Stat Med.* 1994; 13(5-7):737-45.
27. Battié MC, Bigos SJ, Fisher LD, Spengler DM, Hansson TH, Nachemson AL, Wortley MD. The role of spinal flexibility in back pain complaints within industry. A prospective study. *Spine.* 1990; 15(8):768-73.
28. Battié MC, Videman T, Levalahti E, Gill K, Kaprio J. Heritability of low back pain and the role of disc degeneration. *Pain.* 2007; 131(3):272-80.
29. Bayramoğlu M, Akman MN, Kiliç S, Cetin N, Yavuz N, Ozker R. Isokinetic measurement of trunk muscle strength in women with chronic low-back pain. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001; 80(9):650-5.

30. Belgian Pain Society. Belgian Chapter of the International Association for the study of pain. 2002. Ruggijn in België: Een epidemiologische enquête. n°11/01.
31. Bender T, Nagy G, Barna I, Tefner I, Kádas E, Géher P. The effect of physical therapy on beta-endorphin levels. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 100(4):371-82.
32. Bendix AF, Bendix T, Haestrup C. Can it be predicted which patients with chronic low back pain should be offered tertiary rehabilitation in a functional restoration program? A search for demographic, socioeconomic, and physical predictors. *Spine*. 1998; 23(16):1775-84.
33. Bendix T, Bendix A, Labriola M, Haestrup C, Ebbelhøj N. Functional restoration versus outpatient physical training in chronic low back pain: a randomized comparative study. *Spine*. 2000; 25(19):2494-500.
34. Bennett RM, Clark SR, Goldberg L, Nelson D, Bonafede RP, Porter J, Specht D. Aerobic fitness in patients with fibrositis. A controlled study of respiratory gas exchange and 133xenon clearance from exercising muscle. *Arthritis Rheum*. 1989; 32(4):454-60.
35. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1989; 230:1-54.
36. Beurskens AJ, de Vet HC, Koke AJ. Responsiveness of functional status in low back pain: a comparison of different instruments. *Pain*. 1996; 65(1):71-6.
37. Bibré P, Voisin P, Vanvelcenaher J. Ischios-jambiers et lombalgies chroniques. *Ann Kinésithé*. 1997; 7:328-34.
38. Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*. 1984; 9(2):106-19.
39. Bigos SJ, Battié MC, Spengler DM, Fisher LD, Fordyce WE, Hansson TH, Nachemson AL, Wortley MD. A prospective study of work perceptions and psychosocial factors affecting the report of back injury. *Spine*. 1991; 16(1):1-6.
40. Bigos SJ, Spengler DM, Martin NA, Zeh J, Fisher L, Nachemson A. Back injuries in industry: a retrospective study. III. Employee-related factors. *Spine*. 1986; 11(3):252-6.
41. Blair SN, Lamonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr*. 2004; 79(5):913-20S.
42. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1(8476):307-10.
43. Blondeel N, Boeckx WD, Vanderstraeten GG, Lysens R, Van Landuyt K, Tonnard P, Monstrey SJ, Matton G. The fate of the oblique abdominal muscles after free TRAM flap surgery. *Br J Plast Surg*. 1997; 50(5):315-21.
44. Bogduk N, Maigne R, Guierre A. Anatomie clinique du rachis lombal et sacré. Elsevier, 2005.
45. Bogduk N, Wilson AS, Tynan W. The human lumbar dorsal rami. *J Anat*. 1982; 134(2):383-97.
46. Bogduk N. A reappraisal of the anatomy of the human lumbar erector spinae. *J Anat*. 1980; 131(3):525-40.
47. Bogduk N. The anatomical basis for spinal pain syndromes. *J Manipulative Physiol Ther*. 1995; 18(9):603-5.
48. Bombardier C. Outcome assessments in the evaluation of treatment of spinal disorders: summary and general recommendations. *Spine*. 2000; 25(24):3100-3.
49. Bonde-Petersen F, Mork AL, Nielsen E. Local muscle blood flow and sustained contractions of human arm and back muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1975; 34(1):43-50.
50. Bongers PM, de Winter CR, Kompier MA, Hildebrandt VH. Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scand J Work Environ Health*. 1993; 19(5):297-312.
51. Bontoux L, Roquelaure Y, Billabert C, Dubus V, Sancho PO, Colin D, Brami L, Moisan S, Fanello S, Penneau-Fontbonne D, Richard I. Prospective study of the outcome at one year of patients with chronic low back pain in a program of intensive functional restoration and ergonomic intervention. Factors predicting their return to work. *Ann Readapt Med Phys*. 2004; 47(8):563-72.
52. Boonen A, van den Heuvel R, van Tubergen A, Goossens M, Severens JL, van der Heijde D, van der Linden S. Large differences in cost of illness and wellbeing between patients with fibromyalgia, chronic low back pain, or ankylosing spondylitis. *Ann Rheum Dis*. 2005; 64(3):396-402.
53. Borenstein DG, O'Mara JW Jr, Boden SD, Lauerman WC, Jacobson A, Platenberg C, Schellinger D, Wiesel SW. The value of magnetic resonance imaging of the lumbar spine to predict low-back pain in asymptomatic subjects: a seven-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2001; 83(9):1306-11.
54. Borenstein DG. Chronic low back pain. *Rheum Dis Clin North Am*. 1996; 22(3):439-56.
55. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982; 14(5):377-81.
56. Bortz WM. The disuse syndrome. *West J Med*. 1984; 141:691-4.
57. Boshuizen HC, Verbeek JH, Broersen JP, Weel AN. Do smokers get more back pain? *Spine*. 1993; 18(1):35-40.
58. Boswell MV, Trescot AM, Datta S, Schultz DM, Hansen HC, Abdi S, Sehgal N, Shah RV, Singh V, Benyamin RM, Patel VB, Buenaventura RM, Colson JD, Cordner HJ, Epter RS, Jasper JF, Dunbar EE, Atluri SL, Bowman RC, Deer TR, Swicegood JR, Staats PS, Smith HS, Burton AW, Kloth DS, Giordano J, Manchikanti L; American Society of Interventional Pain Physicians. Interventional techniques: evidence-based practice guidelines in the management of chronic spinal pain. *Pain Physician*. 2007; 10(1):7-111.
59. Bouhassoun N, Catanzariti JF, Thevenon A. Lombalgies et grossesse. *Rev Rhum*. 1998; 65:59-62S.
60. Bourgeois P. Epidémiologie de la lombalgie. In : Rozenberg S Ed. La douleur lombaire. Paris : Institut UPSA de la douleur. 2001 ; pp. 7-16.
61. Bousema EJ, Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, Knottnerus JA. Disuse and physical deconditioning in the first year after the onset of back pain. *Pain*. 2007; 130(3):279-86.
62. Brage S, Sandanger I, Nygård JF. Emotional distress as a predictor for low back disability: a prospective 12-year population-based study. *Spine*. 2007; 32(2):269-74.

63. Braith RW, Graves JE, Pollock ML, Leggett SL, Carpenter DM, Colvin AB. Comparison of 2 vs 3 days/week of variable resistance training during 10- and 18-week programs. *Int J Sports Med.* 1989; 10(6):450-4.
64. Brisby H. Pathology and possible mechanisms of nervous system response to disc degeneration. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88(Suppl 2):68-71.
65. Bronfort G, Haas M, Evans R, Kawchuk G, Dagenais S. Evidence-informed management of chronic low back pain with spinal manipulation and mobilization. *Spine J.* 2008; 8(1):213-25.
66. Brosseau L, Milne S, Robinson V, Marchand S, Shea B, Wells G, Tugwell P. Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a meta-analysis. *Spine.* 2002; 27(6):596-603.
67. Brouwer S, Kuijer W, Dijkstra PU, Göeken LN, Groothoff JW, Geertzen JH. Reliability and stability of the Roland Morris Disability Questionnaire: intra class correlation and limits of agreement. *Disabil Rehabil.* 2004; 26(3):162-5.
68. Brox JI, Sørensen R, Friis A, Nygaard Ø, Indahl A, Keller A, Ingebrigtsen T, Eriksen HR, Holm I, Koller AK, Riise R, Reikerås O. Randomized clinical trial of lumbar instrumented fusion and cognitive intervention and exercises in patients with chronic low back pain and disc degeneration. *Spine.* 2003; 28(17):1913-21.
69. Brox JI, Storheim K, Grotle M, Tveito TH, Indahl A, Eriksen HR. Evidence-informed management of chronic low back pain with back schools, brief education, and fear-avoidance training. *Spine J.* 2008; 8(1):28-39.
70. Brox JI, Storheim K, Holm I, Friis A, Reikerås O. Disability, pain, psychological factors and physical performance in healthy controls, patients with sub-acute and chronic low back pain: a case-control study. *J Rehabil Med.* 2005; 37(2):95-9.
71. Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence of risk factors for back disorders. *Scand J Work Environ Health.* 1997; 23(4):243-56.
72. Burke JG, Watson RWG, Mc Cormack D, Dolwing FE, Walsh MG, Fitzpatrick JM. Intervertebral disk which causes low back pain secretes high levels of proinflammatory mediator. *J Bone Surgery.* 2002; 84B:196-201.
73. Burton AK, Balagué F, Cardon G, Eriksen HR, Henrotin Y, Lahad A, Leclerc A, Müller G, van der Beek AJ; COST B13 Working Group on Guidelines for Prevention in Low Back Pain. Chapter 2. European guidelines for prevention in low back pain. *Eur Spine J.* 2006; 15 Suppl 2:S136-68.
74. Burton AK, Clarke RD, McClune TD, Tillotson KM. The natural history of low back pain in adolescents. *Spine.* 1996; 21(20):2323-8.
75. Burton CV, Kirkaldy-Willis WH, Yong-Hing K, Heithoff KB. Causes of failure of surgery on the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res.* 1981; 157:191-9.
76. Burton CV. Failed back surgery patients: the alarm bells are ringing. *Surg Neurol.* 2006; 65(1):5-6.
77. Byl NN, Sadowski SH. Inter-site reliability of repeated isokinetic measurements: Cybex back systems including trunk rotation, trunk extension flexion and lift task. *Isokinet Exerc Sci.* 1993; 3:139-47.
78. Calmels P, Bethoux F, Condemine A, Fayolle-Minon I. Low back pain disability assessment tools. *Ann Readapt Med Phys.* 2005; 48(6):288-97.
79. Campello M, Nordin M, Weiser S. Physical exercise and low back pain. *Scand J Med Sci Sports.* 1996; 6(2):63-72.
80. Carosella AM, Lackner JM, Feuerstein M. Factors associated with early discharge from a multidisciplinary work rehabilitation program for chronic low back pain. *Pain.* 1994; 57(1):69-76.
81. Carragee EJ, Han MY, Yang B, Kim DH, Kraemer H, Billys J. Activity restrictions after posterior lumbar discectomy. A prospective study of outcomes in 152 cases with no postoperative restrictions. *Spine.* 1999; 24(22):2346-51.
82. Cassidy JD, Carroll LJ, Côté P. The Saskatchewan health and back pain survey. The prevalence of low back pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine.* 1998; 23(17):1860-7.
83. Cassisi JE, Robinson ME, O'Conner P, MacMillan M. Trunk strength and lumbar paraspinal muscle activity during isometric exercise in chronic low-back pain patients and controls. *Spine.* 1993; 18(2):245-51.
84. Casso G, Cachin C, van Melle G, Gerster JC. Return-to-work status 1 year after muscle reconditioning in chronic low back pain patients. *Joint Bone Spine.* 2004; 71(2):136-9.
85. Cavanaugh JM, Lu Y, Chen C, Kallakuri S. Pain generation in lumbar and cervical facet joints. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88 Suppl 2:63-7.
86. Cavanaugh JM, Ozaktay AC, Yamashita HT, King AI. Lumbar facet pain: biomechanics, neuroanatomy and neurophysiology. *J Biomech.* 1996; 29(9):1117-29.
87. Cavanaugh JM, Ozaktay AC, Yamashita T, Avramov A, Getchell TV, King AI. Mechanisms of low back pain: a neurophysiologic and neuroanatomic study. *Clin Orthop Relat Res.* 1997; 335:166-80.
88. Cedraschi C, Perrin E, Fischer W. Evaluating a primary prevention program in a multicultural population: the importance of representations of back pain. *Arthritis Care Res.* 1997; 10:111-20.
89. Chaffin DB, Herrin GD, Keyserling WM. Preemployment strength testing: an updated position. *J Occup Med.* 1978; 20(6):403-8.
90. Chaory K, Fayad F, Rannou F, Lefèvre-Colau MM, Fermanian J, Revel M, Poiraudou S. Validation of the French version of the fear avoidance belief questionnaire. *Spine.* 2004; 29(8):908-13.
91. Cholewicki J, McGill SM. Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurements. *J Biomech.* 1992; 25(1):17-28.
92. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech.* 1996; 11(1):1-15.
93. Cholewicki J, Silfies SP, Shah RA, Greene HS, Reeves NP, Alvi K, Goldberg B. Delayed trunk muscle reflex responses increase the risk of low back injuries. *Spine.* 2005; 30(23):2614-20.
94. Cholewicki J, VanVliet JJ 4th. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomech.* 2002; 17(2):99-105.

95. Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, Cross JT Jr, Shekelle P, Owens DK. Diagnosis and Treatment of Low Back Pain: A Joint Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med.* 2007; 147:478-91.
96. Christo PJ, Grabow TS, Raja SN. Opioid effectiveness, addiction and depression in chronic pain. *Adv Psychosom Med.* 2004; 25:123-37.
97. Clark BC, Manini TM, Ploutz-Snyder LL. Derecruitment of the lumbar musculature with fatiguing trunk extension exercise. *Spine.* 2003; 28(3):282-7.
98. Clark BC, Manini TM, Thé DJ, Doldo NA, Ploutz-Snyder LL. Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. *J Appl Physiol.* 2003; 94(6):2263-72.
99. Clarke JA, van Tulder MW, Blomberg SE, de Vet HC, van der Heijden GJ, Bronfort G, Bouter LM. Traction for low-back pain with or without sciatica. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007; (2):CD003010.
100. Clays E, De Bacquer D, Leynen F, Kornitzer M, Kittel F, De Backer G. The impact of psychosocial factors on low back pain: longitudinal results from the Belstress study. *Spine.* 2007; 32(2):262-8.
101. Coderre TJ, Katz J, Vaccarino AL, Melzack R. Contribution of central neuroplasticity to pathological pain: review of clinical and experimental evidence. *Pain.* 1993; 52(3):259-85.
102. Codine P, Breda JL, Denis-Laroque F, Parenna L, Fouquet JC, Dellemme Y. Incidence cardio-vasculaire des tests et entraînement isocinétique du tronc. In : P. Codine, C. Hérisson, B. Denat Eds. *Isocinétisme et rachis.* Paris : Masson. 2001 ; pp. 28-34.
103. Coendo C. Effet d'un programme d'entraînement des muscles du tronc réalisé à l'aide de machines de musculation spécifique. Mémoire en Kinésithérapie et Réadaptation, Université de Liège, Faculté de Médecine, 2005.
104. Cohen I, Rainville J. Aggressive exercise as treatment for chronic low back pain. *Sports Med.* 2002; 32(1):75-82.
105. Cohen SP, Raja SN. Pathogenesis, diagnosis, and treatment of lumbar zygapophysial (facet) joint pain. *Anesthesiology.* 2007; 106(3):591-614.
106. Cooke C, Menard MR, Beach GN, Locke SR, Hirsch GH. Serial lumbar dynamometry in low back pain. *Spine.* 1992; 17(6):653-62.
107. Cooper RG, Stokes MJ, Sweet C, Taylor RJ, Jayson MI. Increased central drive during fatiguing contractions of the paraspinal muscles in patients with chronic low back pain. *Spine.* 1993; 18(5):610-6.
108. Corin G, Strutton PH, McGregor AH. Establishment of a protocol to test fatigue of the trunk muscles. *Br J Sports Med.* 2005; 39(10):731-5.
109. COST B13 Project Members. European guidelines for the management of low back pain. *Eur Spine J.* 2006; 15(suppl2):S125-S300.
110. Coste J, Delecoeuillerie G, Cohen de Lara A, Le Parc JM, Paolaggi JB. Clinical course and prognostic factors in acute low back pain: an inception cohort study in primary care practice. *BMJ.* 1994; 308(6928):577-80.
111. Coste J, Le Parc JM, Berge E, Delecoeuillerie G, Paolaggi JB. French validation of a disability rating scale for the evaluation of low back pain (EIFEL questionnaire). *Rev Rhum.* 1993; 60(5):335-41.
112. Coudeyre E, Rannou F, Tubach F, Baron G, Coriat F, Brin S, Revel M, Poiraudou S. General practitioners' fear-avoidance beliefs influence their management of patients with low back pain. *Pain.* 2006; 124(3):330-7.
113. Cresswell AG, Grundström H, Thorstensson A. Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intramuscular activity in man. *Acta Physiol Scand.* 1992; 144(4):409-18.
114. Cresswell AG, Oddsson L, Thorstensson A. The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. *Exp Brain Res.* 1994; 98(2):336-41.
115. Croft PR, Macfarlane GJ, Papageorgiou AC, Thomas E, Silman AJ. Outcome of low back pain in general practice: a prospective study. *BMJ.* 1998; 316(7141):1356-9.
116. Croisier JL, Crielaard JL. Exploration isocinétique : analyse des paramètres chiffrés. *Ann Redaptat Med Phys.* 1999; 42:538-45.
117. Crombez G, Vervaeke L, Baeyens F, Lysens R, Eelen P. Do pain expectancies cause pain in chronic low back patients? A clinical investigation. *Behav Res Ther.* 1996; 34(11-12):919-25.
118. Crombez G, Vlaeyen JW, Heuts PH, Lysens R. Pain-related fear is more disabling than pain itself: evidence on the role of pain-related fear in chronic back pain disability. *Pain.* 1999; 80(1-2):329-39.
119. Crossman K, Mahon M, Watson PJ, Oldham JA, Cooper RG. Chronic low back pain-associated paraspinal muscle dysfunction is not the result of a constitutionally determined "adverse" fiber-type composition. *Spine* 2004; 29(6):628-34.
120. Crowther A, McGregor AH, Strutton PH. Testing isometric fatigue in the trunk muscles. *Isokin Exer Sci.* 2007; 15(2):91-7.
121. Cunha IT, Simmonds MJ, Protas EJ, Jones S. Back pain, physical function, and estimates of aerobic capacity: What are the relationships among methods and measures? *Am J Phys Med Rehabil.* 2002; 81:913-20.
122. Curtis L, Mayer TG, Gatchel RJ. Physical progress and residual impairment quantification after functional restoration. Part III: Isokinetic and isoinertial lifting capacity. *Spine.* 1994; 19(4):401-5.
123. Dale RB. Managing low back pain with exercise interventions. *Athletic Therapy Today.* 2005; 10(5):31-5.
124. Damkot DK, Pope MH, Lord J, Frymoyer JW. The relationship between work history, work environment and low-back pain in men. *Spine.* 1984; 9(4):395-9.
125. Daniels K, Denner A. Analysis based medical training therapy for the spine (FPZ concept): quality assurance in the scope of evidence-based medicine. *Z Arzt Fortbild Qualitätssich.* 1999; 93(5):IV-V.
126. Danielsen JM, Johnsen R, Kibsgaard SK, Hellevik E. Early aggressive exercise for postoperative rehabilitation after discectomy. *Spine.* 2000; 25(8):1015-20.

127. Danneels LA, Cagnie BJ, Cools AM, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De Cuyper HJ. Intra-operator and inter-operator reliability of surface electromyography in the clinical evaluation of back muscles. *Man Ther.* 2001; 6(3):145-53.
128. Danneels LA, Cools AM, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, Bourgois J, de Cuyper HJ. The effects of three different training modalities on the cross-sectional area of the paravertebral muscles. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11(6):335-41.
129. Danneels LA, Coorevits PL, Cools AM, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De CH. Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2002; 11(1):13-9.
130. Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, Bourgois J, Dankaerts W, De Cuyper HJ. Effects of three different training modalities on the cross sectional area of the lumbar multifidus muscle in patients with chronic low back pain. *Br J Sports Med.* 2001; 35(3):186-91.
131. Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De Cuyper HJ. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *Eur Spine J.* 2000; 9(4):266-72.
132. Davies CT. Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J Appl Physiol.* 1968; 24(5):700-6.
133. Davis KG, Heaney CA. The relationship between psychosocial work characteristics and low back pain: underlying methodological issues. *Clin Biomech.* 2000; 15(6):389-406.
134. Davis VP, Fillingim RB, Doleys DM, Davis MP. Assessment of aerobic power in chronic pain patients before and after a multi-disciplinary treatment program. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992; 73(8):726-9.
135. de Girolamo G. Epidemiology and social costs of low back pain and fibromyalgia. *Clin J Pain.* 1991; Suppl1:S1-7.
136. De Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve.* 1993; 16(2):210-6.
137. de Zwart BC, Broersen JP, Frings-Dresen MH, van Dijk FJ. Musculoskeletal complaints in The Netherlands in relation to age, gender and physically demanding work. *Int Arch Occup Environ Health.* 1997; 70(5):352-60.
138. Dederling A, Németh G, Harms-Ringdahl K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clin Biomech.* 1999; 14(2):103-11.
139. Dederling A, Roos af Hjelmsäter M, Elfving B, Harms-Ringdahl K, Németh G. Between-days reliability of subjective and objective assessments of back extensor muscle fatigue in subjects without lower-back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000; 10(3):151-8.
140. Demarest S, Gisle L, Hesse E, Miermans P, Van der Heyden J. Gezondheidsenquête België 2004. Brussel: Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, IIPH/EPI; 2006 : <http://www.iph.fgov.be/epidemo/epinl/crospln/hisnl/table01.htm>
141. Demarest S, Leurquin P, Tafforeau J, Tellier V, Van der Heyden J, Van Oyen H. La santé de la population en Belgique. Enquête de Santé par Interview, Belgique, 1997. Centre de Recherche Opérationnelle en Santé Publique. Institut Scientifique de la Santé Publique - Louis Pasteur, Bruxelles, 1998. Numéro de Dépôt D/1998/2505/07.
142. Demaret JP, Gavray F, Willems F (PREVENT). Prévention des maux de dos dans le secteur de la construction. SPF Emploi, Travail et Concertation sociale Direction générale Humanisation du travail Ed., 2007.
143. Demez G. Intérêt d'une séance de rappel d'école du dos. Mémoire en Kinésithérapie et Réadaptation, Université de Liège, Faculté de Médecine, 2004.
144. Demoulin C, Crielaard JM, Vanderthommen M. Spinal muscle evaluation in healthy individuals and low-back-pain patients: a literature review. *Joint Bone Spine.* 2007; 74(1):9-13.
145. Demoulin C, Delfosse C, Somville PR, Crielaard JM, Vanderthommen M. Influence of a short education/training program on trunk muscle recruitment during spine protective exercises. Abstract book of 6th Interdisciplinary World Congress on Low Back & Pelvic Pain, Barcelona, 2007, 177.
146. Demoulin C, Distrée V, Tomasella M, Crielaard JM, Vanderthommen M. Lumbar functional instability: a critical appraisal of the literature. *Ann Readapt Med Phys.* 2007; 50(8):677-84.
147. Demoulin C, Fauconnier C, Vanderthommen M, Henrotin Y. Recommendations for a basic functional assessment of low back pain. *Rev Med Liege.* 2005; 60(7-8):661-8.
148. Demoulin C, Grosdent S, Bury T, Croisier JL, Maquet D, Lehance C, Crielaard JM, Vanderthommen M. Cardiovascular responses to static assessments of trunk muscles. *J Musculoskeletal Pain* (in press).
149. Demoulin C, Grosdent S, Debois I, Mahieu G, Maquet D, Jidovstev B, Croisier JL, Crielaard JM, Vanderthommen M. Inter-session, inter-rater and inter-site reproducibility of isometric trunk muscle strength measurements. *Isokinet Exerc Sci.* 2006; 14:1-9.
150. Demoulin C, Maquet D, Delcourt D, Grosdent S, Depaifve A, Lecart MP, Croisier JL, Vanderthommen M, Crielaard JM. Explorations algo-fonctionnelles comparatives entre populations fibromyalgique et lombalgique chronique. *Rev Rhum.* 2007; 14:982.
151. Demoulin C, Maquet D, Tomasella M, Croisier JL, Crielaard JM, Vanderthommen M. Benefits of a physical training program after back school for chronic low back pain patients. *J Musculoskeletal Pain.* 2006; 14(2):21-31.
152. Demoulin C, Sac D, Serre L, Maquet D, Crielaard JM, Vanderthommen M. Reproducibility and suitability of clinical assessments of trunk flexor and extensor muscles. *J Musculoskeletal Pain* (in press).
153. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine.* 2006; 73(1):43-50.
154. den Boer JJ, Oostendorp RA, Beems T, Munneke M, Evers AW. Continued disability and pain after lumbar disc surgery: the role of cognitive-behavioral factors. *Pain.* 2006; 123(1-2):45-52.
155. Denner A. *Muskuläre Profile der Wirbelsäule.* Berlin : Springer. 1997.
156. Deplas A. Les vrais résultats du traitement chirurgical de la sciatique par hernie discale. *Rev Rhum.* 2004 ; 71(Suppl4):S109-11.

157. Deramond H, Saliou G, Aveillan M, Lehmann P, Vallée JN. Respective contributions of vertebroplasty and kyphoplasty to the management of osteoporotic vertebral fractures. *Joint Bone Spine*. 2006; 73(6):610-3.
158. Derbyshire SW, Jones AK, Gyulai F, Clark S, Townsend D, Firestone LL. Pain processing during three levels of noxious stimulation produces differential patterns of central activity. *Pain*. 1997; 73(3):431-45.
159. Deyo RA. Diagnostic evaluation of LBP: reaching a specific diagnosis is often impossible. *Arch Intern Med*. 2002; 162(13):1444-8.
160. Dillard J, Trafimow J, Andersson GB, Cronin K. Motion of the lumbar spine. Reliability of two measurement techniques. *Spine*. 1991; 16(3):321-4.
161. Doita M, Kanatani T, Harada T, Mizuno K. Immunohistologic study of the ruptured intervertebral disc of the lumbar spine. *Spine*. 1996; 21(2):235-41.
162. Dolan P, Greenfield K, Nelson RJ, Nelson IW. Can exercise therapy improve the outcome of microdiscectomy? *Spine*. 2000; 25(12):1523-32.
163. Drake JD, Aultman CD, McGill SM, Callaghan JP. The influence of static axial torque in combined loading on intervertebral joint failure mechanics using a porcine model. *Clin Biomech*. 2005; 20(10):1038-45.
164. Dupont P. Le canal lombaire rétréci: clinique, diagnostic, évolution. *La Lettre de Médecine Physique et de Réadaptation*. 2007; 23(1):3-7.
165. Duquesnoy B, Defontaine MC, Gardel B, Maigne JY, Thevenon A, Vignon E. Définition de la lombalgie chronique. *Rev Rhum*. 1994; 61(4bis):9-10S.
166. Duquesnoy B, Duplan B, Legrand E, Avouac B. Recommandations de la Section rachis de la Société française de rhumatologie sur l'approche multidisciplinaire de la douleur lombaire. *Rev Rhum*. 2001; 68:192-4.
167. Duquesnoy B, Kuntz JL. Lyse isthmique, spondylolisthésis et lombalgie chronique. *Rev Rhum*. 1998; 65:27-31S.
168. Duquesnoy B. Spondylolisthésis de l'adulte. *Réflexions Rhumatologiques*. 1999; 3:11-5.
169. Dvir Z. How much is necessary to indicate a real improvement in muscle function? A review of modern methods of reproducibility analysis. *Isokinet Exerc Sci*. 2003; 11:49-52.
170. Ekholm J, Eklund G, Skoglund S. On the reflex effects from the knee joint of the cat. *Acta Physiol Scand*. 1960; 50:167-74.
171. Eklund M. Chronic pain and vocational rehabilitation: a multifactorial analysis of symptoms, signs and psycho-socio-demographics. *J Occup Rehabil*. 1992; 2:53-8.
172. Ekman M, Johnell O, Lidgren L. The economic cost of low back pain in Sweden in 2001. *Acta Orthop*. 2005; 76(2):275-84.
173. Elfving B, Dederig A, Németh G. Lumbar muscle fatigue and recovery in patients with long-term low-back trouble--electromyography and health-related factors. *Clin Biomech*. 2003; 18(7):619-30.
174. Elfving B, Németh G, Arvidsson I, Lamontagne M. Reliability of EMG spectral parameters in repeated measurements of back muscle fatigue. *J Electromyogr Kinesiol*. 1999; 9(4):235-43.
175. Elfving B, Németh G, Arvidsson I. Back muscle fatigue in healthy men and women studied by electromyography spectral parameters and subjective ratings. *Scand J Rehabil Med*. 2000; 32(3):117-23.
176. Ellenbecker TS, Roetert EP. An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(11):1959-63.
177. Ellis H. Anterior abdominal wall. *Anaesth Int Care*. 2006; 7(2):36-7.
178. Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol*. 2008; 586(1):11-23.
179. Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*. 1996; 21(1):71-8.
180. Fairbank J, Frost H, Wilson-MacDonald J, Yu LM, Barker K, Collins R; Spine Stabilisation Trial Group. Randomised controlled trial to compare surgical stabilisation of the lumbar spine with an intensive rehabilitation programme for patients with chronic low back pain: the MRC spine stabilisation trial. *BMJ*. 2005; 330(7502):1233.
181. Fairbank JC, Couper J, Davies JB, O'Brien JP. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy*. 1980; 66(8):271-3.
182. Farfan HF, Cossette JW, Robertson GH, Wells RV, Kraus H. The effects of torsion on the lumbar intervertebral joints: the role of torsion in the production of disc degeneration. *J Bone Joint Surg Am*. 1970; 52(3):468-97.
183. Fayad F, Lefevre-Colau MM, Poiraudou S, Fermanian J, Rannou F, Wlodyka Demaille S, Benyahya R, Revel M. Chronicity, recurrence, and return to work in low back pain: common prognostic factors. *Ann Readapt Med Phys*. 2004; 47(4):179-89.
184. Feigenbaum MS, Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc*. 1999; 31(1):38-45.
185. Feinstein B, Langton JN, Jameson RM, Schiller F. Experiments on pain referred from deep somatic tissues. *J Bone Joint Surg Am*. 1954; 36(5):981-97.
186. Feldman DE, Shrier I, Rossignol M, Abenham L. Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidemiol*. 2001; 154(1):30-6.
187. Feldmann JL, Revel M. Maladie de Scheuermann et lombalgie. *Rev Rhum*. 1998; 65:23-6S.
188. Fellmann N. Endomorphines et exercice physique. In : J-R Lacour Ed. *Biologie de l'exercice musculaire*. Paris : MASSON. 1992 ; pp. 215-234.
189. Ferreira PH, Ferreira ML, Maher CG, Herbert RD, Refshauge K. Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: a systematic review. *Aust J Physiother*. 2006; 52(2):79-88.
190. Fidler MW, Jowett RL, Troup JD. Myosin ATPase activity in multifidus muscle from cases of lumbar spinal derangement. *J Bone Joint Surg Br*. 1975; 57:220-7.
191. Filiz M, Cakmak A, Ozcan E. The effectiveness of exercise programmes after lumbar disc surgery: a randomized controlled study. *Clin Rehabil*. 2005; 19(1):4-11.

192. Findley BW, Brown LE, Whitehurst M, Gilbert R, Groo DR, O'Neal J. Sitting vs. Standing Isokinetic Trunk Extension and Flexion Performance Differences. *J Strength Cond Res.* 2000; 14(3):310-5.
193. Finneran MT, Mazanec D, Marsolais ME, Marsolais EB, Pease WS. Large-array surface electromyography in low back pain: a pilot study. *Spine.* 2003 Jul 1;28(13):1447-54.
194. Fisher JP, White MJ. Muscle afferent contributions to the cardiovascular response to isometric exercise. *Exp Physiol.* 2004; 89(6):639-46.
195. Flanagan SP, Kulig K. Assessing musculoskeletal performance of the back extensors following a single-level microdiscectomy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007; 37(7):356-63.
196. Flodmark BT, Aase G. Musculoskeletal symptoms and type A behaviour in blue collar workers. *Br J Ind Med.* 1992; 49(10):683-7.
197. Flor H, Braun C, Elbert T, Birbaumer N. Extensive reorganization of primary somatosensory cortex in chronic back pain patients. *Neurosci Lett.* 1997; 224(1):5-8.
198. Flor H. Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. *J Rehabil Med.* 2003; 41Suppl:66-72.
199. Fransen M, Woodward M, Norton R, Coggan C, Dawe M, Sheridan N. Risk factors associated with the transition from acute to chronic occupational back pain. *Spine.* 2002; 27(1):92-8.
200. Fredrickson BE, Trief PM, VanBeveren P, Yuan HA, Baum G. Rehabilitation of the patient with chronic back pain. A search for outcome predictors. *Spine.* 1988; 13(3):351-3.
201. Freemont AJ, Peacock TE, Goupille P, Hoyland JA, O'Brien J, Jayson MI. Nerve ingrowth into diseased intervertebral disc in chronic back pain. *Lancet.* 1997; 350(9072):178-81.
202. French DJ, France CR, Vigneau F, French JA, Evans RT. Fear of movement/(re)injury in chronic pain: a psychometric assessment of the original English version of the Tampa scale for kinesiophobia (TSK). *Pain.* 2007; 127(1-2):42-51.
203. Friedrich M, Gittler G, Halberstadt Y, Cermak T, Heiller I. Combined exercise and motivation program: effect on the compliance and level of disability of patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 79(5):475-87.
204. Fritsch EW, Heisel J, Rupp S. The failed back surgery syndrome: reasons, intraoperative findings, and long-term results: a report of 182 operative treatments. *Spine.* 1996; 21(5):626-33.
205. Fritz JM, Whitman JM, Childs JD. Lumbar spine segmental mobility assessment: an examination of validity for determining intervention strategies in patients with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86(9):1745-52.
206. Frost H, Klaber Moffett JA, Moser JS, Fairbank JC. Randomised controlled trial for evaluation of fitness programme for patients with chronic low back pain. *BMJ.* 1995; 310(6973):151-4.
207. Frost H, Lamb SE, Klaber Moffett JA, Fairbank JC, Moser JS. A fitness programme for patients with chronic low back pain: 2-year follow-up of a randomised controlled trial. *Pain.* 1998; 75(2-3):273-9.
208. Frost M, Stuckey S, Smalley LA, Dorman G. Reliability of measuring trunk motions in centimeters. *Phys Ther.* 1982; 62(10):1431-7.
209. Frymoyer JW, Cats-Baril WL. An overview of the incidences and costs of low back pain. *Orthop Clin North Am.* 1991; 22(2):263-71.
210. Frymoyer JW, Pope MH, Clements JH, Wilder DG, MacPherson B, Ashikaga T. Risk factors in low-back pain. An epidemiological survey. *J Bone Joint Surg Am.* 1983; 65(2):213-8.
211. Frymoyer JW. Back pain and sciatica. *N Engl J Med.* 1988; 318(5):291-300.
212. Fujiwara A, Tamai K, Yamato M, An HS, Yoshida H, Saotome K, Kurihashi A. The relationship between facet joint osteoarthritis and disc degeneration of the lumbar spine: an MRI study. *Eur Spine J.* 1999; 8(5):396-401.
213. Gale JB, Eckhoff WT, Mogel SF, Rodnick JE. Factors related to adherence to an exercise program for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16(6):544-9.
214. Gallagher RM, Rauh V, Haugh LD, Milhous R, Callas PW, Langelier R, McClallen JM, Frymoyer J. Determinants of return-to-work among low back pain patients. *Pain.* 1989; 39(1):55-67.
215. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001; 81(4):1725-89.
216. Gatchel RJ, Mayer TG. Evidence-informed management of chronic low back pain with functional restoration. *Spine J.* 2008; 8(1):65-9.
217. Gatchel RJ, Rollings KH. Evidence-informed management of chronic low back pain with cognitive behavioral therapy. *Spine J.* 2008; 8(1):40-4.
218. Gatchel RJ, Weisberg JN Eds. Personality characteristics of patients with pain. Washington D.C. : American Psychological Association, 2000; 310 p.
219. Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther.* 1990; 70(7):443-7.
220. Gay RE, Brault JS. Evidence-informed management of chronic low back pain with traction therapy. *Spine J.* 2008; 8(1):234-42.
221. Genty M, Schmidt D. Utilisation de l'isocinétisme dans les programmes de rééducation du rachis. Modalités pratiques, protocoles proposés. In : P. Codine, C. Hérisson, B. Denat Eds. *Isocinétisme et rachis.* Paris : MASSON. 2001 ; pp. 99-106.
222. Gibbons LE, Videman T, Battié MC. Isokinetic and psychophysical lifting strength, static back muscle endurance, and magnetic resonance imaging of the paraspinal muscles as predictors of low back pain in men. *Scand J Rehabil Med.* 1997; 29(3):187-91.
223. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Mark DB, McCallister BD, Mooss AN, O'Reilly MG, Winters WL Jr, Gibbons RJ, Antman EM, Alpert JS, Faxon DP, Fuster V, Gregoratos G, Hiratzka LF, Jacobs AK, Russell RO, Smith SC Jr; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update

- the 1997 Exercise Testing Guidelines). ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing: Summary Article. *Circulation*. 2002; 106:1883-92.
224. Gibson JN, Waddell G. Surgery for degenerative lumbar spondylosis: updated Cochrane Review. *Spine*. 2005; 30(20):2312-20.
  225. Gibson JN, Waddell G. Surgical interventions for lumbar disc prolapse: updated Cochrane Review. *Spine*. 2007; 32(16):1735-47.
  226. Giemza C, Bodnar A, Kabata T, Gruszecka D, Lipnicki W, Magiera P, Kowalski J. The efficiency assessment of rehabilitation with DBC method in low back pain patients. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2006; 8(6):650-7.
  227. Giesbrecht RJ, Battié MC. A comparison of pressure pain detection thresholds in people with chronic low back pain and volunteers without pain. *Phys Ther*. 2005; 85(10):1085-92.
  228. Gillet P, Lemaire R. Focus on the classification, pathogenesis and current treatment of spondylolysis and spondylolisthesis. *Rev Med Liege*. 1993; 48(12):666-80.
  229. Gillet P. The fate of the adjacent motion segments after lumbar fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2003; 16(4):338-45.
  230. Gilson BS, Gilson JS, Bergner M, Bobbit RA, Kressel S, Pollard WE, Vesselago M. The sickness impact profile. Development of an outcome measure of health care. *Am J Public Health*. 1975; 65(12):1304-10.
  231. Gomez T, Beach G, Cooke C, Hruday W, Goyert P. Normative database for trunk range of motion, strength, velocity, and endurance with the Isostation B-200 Lumbar Dynamometer. *Spine*. 1991; 16(1):15-21.
  232. Goossens ME, Vlaeyen JW, Hidding A, Kole-Snijders A, Evers SM. Treatment expectancy affects the outcome of cognitive-behavioral interventions in chronic pain. *Clin J Pain*. 2005; 21(1):18-26.
  233. Goubert L, Crombez G, De Bourdeaudhuij I. Low back pain, disability and back pain myths in a community sample: prevalence and interrelationships. *Eur J Pain*. 2004; 8(4):385-94.
  234. Goupille P, Brunais-Besse J, Quennesson S, Valat JP. Chirurgie et lombalgie. In : Rozenberg S Ed. La douleur lombaire. Paris : Institut UPSA de la douleur, 2001 ; pp. 157-168.
  235. Goupille P; Avimadje AM, Zerkak D, Valat JP. Éléments cliniques d'orientation diagnostique devant une lombalgie. *Rev Prat*. 2000; 50(16):1760-4.
  236. Gowans SE, deHueck A, Voss S, Silaj A, Abbey SE, Reynolds WJ. Effect of a randomized, controlled trial of exercise on mood and physical function in individuals with fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 2001; 45(6):519-29.
  237. Grabiner MD, Jeziorowski JJ, Divekar AD. Isokinetic measurement of trunk extension and flexion performance collected with Biodex Clinical Data Station. *JOSPT*. 1990; 11:590-8.
  238. Grachev ID, Fredrickson BE, Apkarian AV. Abnormal brain chemistry in chronic back pain: an in vivo proton magnetic resonance spectroscopy study. *Pain*. 2000; 89(1):7-18.
  239. Graves JE, Fix CK, Leggett SH, Foster DN, Carpenter DM. Comparison of two restraint systems for pelvic stabilization during isometric lumbar extension strength testing. *JOSPT*. 1992 ; 15(1): 37-42.
  240. Graves JE, Pollock ML, Carpenter DM, Leggett SH, Jones A, MacMillan M, Fulton M. Quantitative assessment of full range-of-motion isometric lumbar extension strength. *Spine*. 1990; 15(4):289-94.
  241. Graves JE, Pollock ML, Foster D, Leggett SH, Carpenter DM, Vuoso R, Jones A. Effect of training frequency and specificity on isometric lumbar extension strength. *Spine*. 1990; 15(6):504-9.
  242. Graves JE, Webb DC, Pollock ML, Matkožich J, Leggett SH, Carpenter DM, Foster DN, Cirulli J. Pelvic stabilization during resistance training: its effect on the development of lumbar extension strength. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75(2):210-5.
  243. Grönblad M, Hurri H, Kouri JP. Relationships between spinal mobility, physical performance tests, pain intensity and disability assessments in chronic low back pain patients. *Scand J Rehabil Med*. 1997; 29(1):17-24.
  244. Gross DP, Battié MC. Predicting timely recovery and recurrence following multidisciplinary rehabilitation in patients with compensated low back pain. *Spine*. 2005; 30(2):235-40.
  245. Gross M. Intra-machine and inter-machine reliability of the Biodex and Cybex II for knee flexion and extension peak torque and angular work. *JOSPT*. 1991; 329-30.
  246. Grotle M, Brox JI, Vollestad NK. Cross-cultural adaptation of the Norwegian versions of the Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Index. *J Rehabil Med*. 2003; 35(5):241-7.
  247. Grotle M, Brox JI, Vøllestad NK. Functional status and disability questionnaires: what do they assess? A systematic review of back-specific outcome questionnaires. *Spine*. 2005; 30(1):130-40.
  248. Grotle M, Brox JI, Vollestad NK. Reliability, validity and responsiveness of the fear-avoidance beliefs questionnaire: methodological aspects of the Norwegian version. *J Rehabil Med*. 2006; 38(6):346-53.
  249. Guo HR, Tanaka S, Cameron LL, Seligman PJ, Behrens VJ, Ger J, Wild DK, Putz-Anderson V. Back pain among workers in the United States: national estimates and workers at high risk. *Am J Ind Med*. 1995; 28(5):591-602.
  250. Guzmán J, Esmail R, Karjalainen K, Malmivaara A, Irvin E, Bombardier C. Multidisciplinary rehabilitation for chronic low back pain: systematic review. *BMJ*. 2001; 322(7301):1511-6.
  251. Hagen KB, Hilde G, Jamtvedt G, Winnem MF. The cochrane review of advice to stay active as a single treatment for low back pain and sciatica. *Spine*. 2002; 27(16):1736-41.
  252. Haggmark T, Eriksson E, Jansson E. Muscle fiber type changes in human skeletal muscle after injuries and immobilization. *Orthopedics*. 1986; 9:181-5.
  253. Hakkinen A, Ylinen J, Kautiainen H, Airaksinen O, Herno A, Kiviranta I. Does the outcome 2 months after lumbar disc surgery predict the outcome 12 months later? *Disabil Rehabil*. 2003; 25(17):968-72.
  254. Hakkinen A, Ylinen J, Kautiainen H, Airaksinen O, Herno A, Tarvainen U, Kiviranta I. Pain, trunk muscle strength, spine mobility and disability following lumbar disc surgery. *J Rehabil Med*. 2003; 35(5):236-40.

255. Hakkinen K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *J Sports Med Phys Fitness*. 1989; 29:9-26.
256. Hall H, Icedon JA. Back school. An overview with specific reference to the Canadian Back Education Units. *Clin Orthop*. 1983; 179:10-7.
257. Hamberg-van Reenen HH, Ariëns GA, Blatter BM, Twisk JW, van Mechelen W, Bongers PM. Physical capacity in relation to low back, neck, or shoulder pain in a working population. *Occup Environ Med*. 2006; 63(6):371-7.
258. Hamberg-van Reenen HH, Ariëns GA, Blatter BM, van Mechelen W, Bongers PM. A systematic review of the relation between physical capacity and future low back and neck/shoulder pain. *Pain*. 2007; 130(1-2):93-107.
259. Hamon JM. Intérêt de la cyphoplastie par ballonnets dans la prise en charge des lésions vertébrales. *Rev Rhum*. 2006; 73:1109.
260. Hansen FR, Bendix T, Skov P, Jensen CV, Kristensen JH, Krohn L, Schioeler H. Intensive, dynamic back-muscle exercises, conventional physiotherapy, or placebo-control treatment of low-back pain. A randomized, observer-blind trial. *Spine*. 1993; 18(1):98-108.
261. Hansen JW. Postoperative management in lumbar disc protrusions. I. Indications, method and results. II. Follow-up on a trained and an untrained group of patients. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1964; Suppl71:1-47.
262. Hansson TH, Bigos SJ, Wortley MK, Spengler DM. The load on the lumbar spine during isometric strength testing. *Spine*. 1984; 9(7):720-4.
263. Harms-Ringdahl K, Carlsson AM, Ekholm J, Raustorp A, Svensson T, Toresson HG. Pain assessment with different intensity scales in response to loading of joint structures. *Pain*. 1986; 27(3):401-11.
264. Harreby M, Hesselsøe G, Kjer J, Neergaard K. Low back pain and physical exercise in leisure time in 38-year-old men and women: a 25-year prospective cohort study of 640 school children. *Eur Spine J*. 1997; 6(3):181-6.
265. Hart JM, Fritz JM, Kerrigan DC, Saliba EN, Gansneder BM, Ingersoll CD. Quadriceps Inhibition After Repetitive Lumbar Extension Exercise in Persons With a History of Low Back Pain. *J Athl Train*. 2006; 41(3):264-9.
266. Hartigan C, Rainville J, Sobel JB, Hipona M. Long-term exercise adherence after intensive rehabilitation for chronic low back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32(3):551-7.
267. Hartung GH, Smolensky MH, Harrist RB, Rangel R, Skrovan C. Effects of varied duration of training on improvement in cardiorespiratory endurance. *J Hum Ergol*. 1977; 6:61-8.
268. Hartvigsen J, Lings S, Leboeuf-Yde C, Bakketeig L. Psychosocial factors at work in relation to low back pain and consequences of low back pain; a systematic, critical review of prospective cohort studies. *Occup Environ Med*. 2004; 61(1):e2.
269. Hasue M, Fujiwara M, Kikuchi S. A new method of quantitative measurement of abdominal and back muscle strength. *Spine*. 1980; 5(2):143-8.
270. Hayden JA, van Tulder MW, Tomlinson G. Systematic review: strategies for using exercise therapy to improve outcomes in chronic low back pain. *Ann Intern Med*. 2005; 142(9):776-85.
271. Hazard RG, Fenwick JW, Kalisch SM, Redmond J, Reeves V, Reid S, Frymoyer JW. Functional restoration with behavioral support. A one-year prospective study of patients with chronic low-back pain. *Spine*. 1989; 14(2):157-61.
272. Hazard RG, Haugh LD, Green PA, Jones PL. Chronic low back pain: The relationship between patient satisfaction and pain, impairment, and disability outcomes. *Spine*. 1994; 19(8):881-7.
273. Heistaro S, Vartiainen E, Heliövaara M, Puska P. Trends of back pain in eastern Finland, 1972-1992, in relation to socioeconomic status and behavioral risk factors. *Am J Epidemiol* 1998; 148:671-82.
274. Heliövaara M. Risk factors for low back pain and sciatica. *Ann Med*. 1989; 21(4):257-64.
275. Helmhout PH, Harts CC, Staal JB, Candel MJ, de Bie RA. Comparison of a high-intensity and a low-intensity lumbar extensor training program as minimal intervention treatment in low back pain: a randomized trial. *Eur Spine J*. 2004; 13(6):537-47.
276. Hemborg B, Moritz U. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. II. Chronic low-back patients. *Scand J Rehabil Med*. 1985; 17(1):5-13.
277. Henrotin Y, Rozenberg S, Balagué F, Leclerc A, Roux E, Cedraschi C. Recommandations européennes (COST B 13) en matière de prévention et de prise en charge de la lombalgie non spécifique. *Rev Rhum*. 2006; 73(Suppl 2):S35-52.
278. Henrotin YE, Cedraschi C, Duplan B, Bazin T, Duquesnoy B. Information and low back pain management: a systematic review. *Spine*. 2006; 31(11):E326-34.
279. Henrotin Y, Vanderthommen M, Fauconnier C, Grisart J, Masquelier E, Peretz A, Toussaint F, Lemaitre D, Angenot P, Mahieu G, Rossion P, Bailly D, Mahy JL, Chif D, Dechef P, Crielaard JM. Définition, critères de qualité et évaluation d'un programme de type école du dos. Recommandations de la Société belge des écoles du dos (SBED) = Definition, quality criteria, and evaluation of a back school-type program. Recommendations by the Belgian back school society. *Rev Rhum*. 2001; 68(2):185-191.
280. Hestbaek L, Iachine IA, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO, Manniche C. Heredity of low back pain in a young population: a classical twin study. *Twin Res*. 2004; 7(1):16-26.
281. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Manniche C. Low back pain: what is the long-term course? A review of studies of general patient populations. *Eur Spine J*. 2003; 12(2):149-65.
282. Heymans MW, van Tulder MW, Esmail R, Bombardier C, Koes BW. Back schools for nonspecific low back pain: a systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine*. 2005; 30(19):2153-63.
283. Hibbs RA. An operation for progressive spinal deformities. A preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. *New York Med J*. 1911; 93:1013-16.
284. Hicks AL, Kent-Braun J, Ditor DS. Sex differences in human skeletal muscle fatigue. *Exerc Sport Sci Rev*. 2001; 29(3):109-12.

285. Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, McGill SM. Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86(9):1753-62.
286. Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine.* 2001; 26(11):E243-8.
287. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities. *Spine.* 1995; 20(1):54-8.
288. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine.* 1996; 21(23):2763-9.
289. Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine.* 1994; 19(2):165-72.
290. Hietanen E. Cardiovascular responses to static exercise. *Scand J Work Environ Health.* 1984; 10(Suppl 6):397-402.
291. Hildebrandt J, Pfingsten M, Saur P, Jansen J. Prediction of success from a multidisciplinary treatment program for chronic low back pain. *Spine.* 1997; 22(9):990-1001.
292. Hillman M, Wright A, Rajaratnam G, Tennant A, Chamberlain MA. Prevalence of low back pain in the community: implications for service provision in Bradford, UK. *J Epidemiol Community Health.* 1996; 50(3):347-52.
293. Hirsch G, Beach G, Cooke C, Menard M, Locke S. Relationship between performance on lumbar dynamometry and Waddell score in a population with low-back pain. *Spine.* 1991; 16(9):1039-43.
294. Hoch AZ, Young J, Press J. Aerobic fitness in women with chronic discogenic nonradicular low back pain. *Am J Phys Med Rehabil.* 2006; 85(7):607-13.
295. Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003; 13(4):361-70.
296. Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80(9):1005-12.
297. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997; 114(2):362-70.
298. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine.* 1996; 21(22):2640-50.
299. Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Man Ther.* 1999; 4(2):74-86.
300. Hoffman MD, Shepanski MA, Mackenzie SP, Clifford PS. Experimentally induced pain perception is acutely reduced by aerobic exercise in people with chronic low back pain. *J Rehabil Res Dev.* 2005; 42(2):183-90.
301. Hoffman MD, Shepanski MA, Ruble SB, Valic Z, Buckwalter JB, Clifford PS. Intensity and duration threshold for aerobic exercise-induced analgesia to pressure pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85(7):1183-7.
302. Hoffman RM, Wheeler KJ, Deyo RA. Surgery for herniated lumbar discs: a literature synthesis. *J Gen Intern Med.* 1993; 8:487-96.
303. Holm S, Maroudas A, Urban JP, Selstam G, Nachemson A. Nutrition of the intervertebral disc: solute transport and metabolism. *Connect Tissue Res.* 1981; 8(2):101-19.
304. Holmström E, Moritz U, Andersson M. Trunk muscle strength and back muscle endurance in construction workers with and without low back disorders. *Scand J Rehabil Med.* 1992; 24(1):3-10.
305. Hoogendoorn WE, Bongers PM, de Vet HC, Douwes M, Koes BW, Miedema MC, Ariëns GA, Bouter LM. Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: results of a prospective cohort study. *Spine.* 2000; 25(23):3087-92.
306. Hoogendoorn WE, Bongers PM, de Vet HC, Houtman IL, Ariëns GA, van Mechelen W, Bouter LM. Psychosocial work characteristics and psychological strain in relation to low-back pain. *Scand J Work Environ Health.* 2001; 27(4):258-67.
307. Hoogendoorn WE, van Poppel MN, Bongers PM, Koes BW, Bouter LM. Physical load during work and leisure time as risk factors for back pain. *Scand J Work Environ Health.* 1999; 25(5):387-403.
308. Horstmann T, Mayer F, Fischer J, Maschmann J, Röcker K, Dickhuth HH. The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercises in dependence on the form of exercise and age. *Int J Sports Med.* 1994; 15(Suppl1):S50-5.
309. Hsieh JC, Belfrage M, Stone-Elander S, Hansson P, Ingvar M. Central representation of chronic ongoing neuropathic pain studied by positron emission tomography. *Pain.* 1995; 63(2):225-36.
310. Huang QM, Sato M, Thorstensson A. Pulling force in lateral lifting and lowering. *Ergonomics.* 1998; 41(6):899-908.
311. Hubley-Kozey CL, Vezina MJ. Differentiating temporal electromyographic waveforms between those with chronic low back pain and healthy controls. *Clin Biomech.* 2002; 17(9-10):621-9.
312. Hultman G, Nordin M, Saraste H, Ohlén H. Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of MM erector spinae in men with and without low back pain. *J Spinal Disord.* 1993; 6(2):114-23.
313. Hultman G, Saraste H, Ohlén H. Anthropometry, spinal canal width, and flexibility of the spine and hamstring muscles in 45-55-year-old men with and without low back pain. *J Spinal Disord.* 1992; 5(3):245-53.
314. Hunter SJ, Shaha S, Flint D, Tracy DM. Predicting return to work. A long-term follow-up study of railroad workers after low back injuries. *Spine.* 1998; 23(21):2319-28.
315. Hupli M, Sainio P, Hurri H, Alaranta H. Comparison of trunk strength measurements between two different isokinetic devices used at clinical settings. *J Spinal Disord.* 1997; 10(5):391-7.
316. Hurley MV, Newham DJ. The influence of arthrogenous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early, unilateral osteoarthritic knees. *Br J Rheumatol.* 1993; 32(2):127-31.
317. Hurri H. The Swedish back school in chronic low back pain. Part I. Benefits. *Scand J Rehabil Med.* 1989; 21(1):33-40.
318. Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet.* 1974; 2(7889):1127-31.

319. Hyttiäinen K, Salminen JJ, Suviö T, Wickström G, Pentti J. Reproducibility of nine tests to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Scand J Rehabil Med*. 1991; 23(1):3-10.
320. Iellamo F, Legramante JM, Raimondi G, Castrucci F, Damiani C, Foti C, Peruzzi G, Caruso I. Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 75(2):89-96.
321. Imamura M, Furlan AD, Dryden T, Irvin E. Evidence-informed management of chronic low back pain with massage. *Spine J*. 2008; 8(1):121-33.
322. Inman VT, Saunders JB. Anatomico-physiological aspects of injuries to the intervertebral disc. *J Bone Surgery*. 1947; 29:461-75.
323. Ito T, Shirado O, Suzuki H, Takahashi M, Kaneda K, Strax TE. Lumbar trunk muscle endurance testing: an inexpensive alternative to a machine for evaluation. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996; 77(1):75-9.
324. Iversen MD, Fossel AH, Katz JN. Enhancing function in older adults with chronic low back pain: a pilot study of endurance training. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84(9):1324-31.
325. Jacobsen S, Wildschiodtz G, Danneskiold-Samsøe B. Isokinetic and isometric muscle strength combined with transcutaneous electrical muscle stimulation in primary fibromyalgia syndrome. *J Rheumatol*. 1991; 18(9):1390-3.
326. Jacques PA. *Validation de dynamomètres spécifiques pour l'évaluation des muscles du tronc*. Mémoire en Kinésithérapie et Réadaptation, Université de Liège, Faculté de Médecine, 2006.
327. Jenner JR, Barry M. ABC of rheumatology. Low back pain. *BMJ*. 1995; 310(6984):929-32.
328. Jensen MP, Turner LR, Turner JA, Romano JM. The use of multiple-item scales for pain intensity measurement in chronic pain patients. *Pain*. 1996; 67(1):35-40.
329. Johannsen F, Remvig L, Kryger P, Beck P, Lybeck K, Larsen LH, Warming S, Dreyer V. Supervised endurance exercise training compared to home training after first lumbar discectomy: a clinical trial. *Clin Exp Rheumatol*. 1994; 12(6):609-14.
330. Jones MA, Stratton G, Reilly T, Unnithan VB. Biological risk indicators for recurrent non-specific low back pain in adolescents. *Br J Sports Med*. 2005; 39(3):137-40.
331. Jordan KD, Mayer TG, Gatchel RJ. Should extended disability be an exclusion criterion for tertiary rehabilitation? Socioeconomic outcomes of early versus late functional restoration in compensation spinal disorders. *Spine*. 1998; 23(19):2110-7.
332. Jørgensen K, Nicolaisen T, Kato M. Muscle fiber distribution, capillary density, and enzymatic activities in the lumbar paravertebral muscles of young men. Significance for isometric endurance. *Spine*. 1993; 18(11):1439-50.
333. Jørgensen K, Nicolaisen T. Two methods for determining trunk extensor endurance. A comparative study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986; 55(6):639-44.
334. Jørgensen K. Human trunk extensor muscles physiology and ergonomics. *Acta Physiol Scand*. 1997; 637:1-58S.
335. Jørgensen MJ, Marras WS, Granata KP, Waiand JW. MRI-derived moment arms of the female and male spine loading muscles. *Clin Biomech*. 2001; 16:182-93.
336. Jousset N, Fanello S, Bontoux L, Dubus V, Billabert C, Vielle B, Roquelaure Y, Penneau-Fontbonne D, Richard I. Effects of functional restoration versus 3 hours per week physical therapy: a randomized controlled study. *Spine*. 2004; 29(5):487-94.
337. Jucker D, McGill S, Kropf P, Steffen T. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30(2):301-10.
338. Kaapa EH, Frantsi K, Sarna S, Malmivaara A. Multidisciplinary group rehabilitation versus individual physiotherapy for chronic nonspecific low back pain: a randomized trial. *Spine*. 2006; 31(4):371-6.
339. Kankaanpää M, Collier WN, Taimela S, Anders C, Airaksinen O, Kokko-Aro SM, Hänninen O. Back extensor muscle oxygenation and fatigability in healthy subjects and low back pain patients during dynamic back extension exertion. *Pathophysiology*. 2005; 12(4):267-73.
340. Kankaanpää M, Laaksonen D, Taimela S, Kokko SM, Airaksinen O, Hänninen O. Age, sex, and body mass index as determinants of back and hip extensor fatigue in the isometric Sorensen back endurance test. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998; 79:1069-75.
341. Kankaanpää M, Taimela S, Airaksinen O, Hänninen O. The efficacy of active rehabilitation in chronic low back pain. Effect on pain intensity, self-experienced disability, and lumbar fatigability. *Spine*. 1999; 24(10):1034-42.
342. Kankaanpää M, Taimela S, Airaksinen O. Reference change limits of the paraspinal spectral EMG in evaluation of low back pain rehabilitation. *Pathophysiology*. 1998; 5:217-24.
343. Kankaanpää M, Taimela S, Laaksonen D, Hänninen O, Airaksinen O. Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998; 79(4):412-7.
344. Kankaanpää M, Taimela S, Webber CL Jr, Airaksinen O, Hänninen O. Lumbar paraspinal muscle fatigability in repetitive isoinertial loading: EMG spectral indices, Borg scale and endurance time. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 76(3):236-42.
345. Karjalainen K, Malmivaara A, van Tulder M, Roine R, Jauhiainen M, Hurri H, Koes B. Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for subacute low back pain in working-age adults: a systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine*. 2001; 26(3):262-9.
346. Käser L, Mannion AF, Rhyner A, Weber E, Dvorak J, Müntener M. Active therapy for chronic low back pain: part 2. Effects on paraspinal muscle cross-sectional area, fiber type size, and distribution. *Spine*. 2001; 26(8):909-19.
347. Keefe FJ, Rumble ME, Scipio CD, Giordano LA, Perri LM. Psychological aspects of persistent pain: current state of the science. *J Pain*. 2004; 5(4):195-211.
348. Keeley J, Mayer TG, Cox R, Gatchel RJ, Smith J, Mooney V. Quantification of lumbar function. Part 5: Reliability of range-of-motion measures in the sagittal plane and an in vivo torso rotation measurement technique. *Spine*. 1986; 11(1):31-5.
349. Kell RT, Bhambhani Y. Relationship between erector spinae muscle oxygenation via in vivo near infrared spectroscopy and static endurance time in healthy males. *Eur J Appl Physiol*. 2008; 102(2):243-50.

350. Keller A, Gunderson R, Reikeras O, Brox JI. Reliability of computed tomography measurements of paraspinal muscle cross-sectional area and density in patients with chronic low back pain. *Spine*. 2003; 28:1455-60.
351. Keller A, Hellesnes J, Brox JI. Reliability of the isokinetic trunk extensor test, Biering-Sørensen test, and Astrand bicycle test: assessment of intraclass correlation coefficient and critical difference in patients with chronic low back pain and healthy individuals. *Spine*. 2001; 26(7):771-7.
352. Keller A, Johansen JG, Hellesnes J, Brox JI. Predictors of isokinetic back muscle strength in patients with low back pain. *Spine* 1999; 24(3):275-80.
353. Kelly AM. The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain. *Emerg Med J*. 2001; 18(3):205-7.
354. Kelsey JL, Githens PB, White AA 3rd, Holford TR, Walter SD, O'Connor T, Ostfeld AM, Weil U, Southwick WO, Calogero JA. An epidemiologic study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disc. *J Orthop Res*. 1984; 2(1):61-6.
355. Kent-Braun JA, Le Blanc R. Quantitation of central activation failure during maximal voluntary contractions in humans. *Muscle Nerve*. 1996; 19(7):861-9.
356. Kent-Braun JA, Ng AV, Doyle JW, Towse TF. Human skeletal muscle responses vary with age and gender during fatigue due to incremental isometric exercise. *J Appl Physiol*. 2002; 93(5):1813-23.
357. Kerkour K, Meier J. Evaluation comparative isocinétique des fléchisseurs et extenseurs du tronc de sujets sains et de lombalgiques. *Rééducation* 1993. Expansion scientifique française Ed. Paris 1993, 345-51.
358. Khadilkar A, Milne S, Brosseau L, Robinson V, Saginur M, Shea B, Tugwell P, Wells G. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005; (3):CD003008.
359. Kilbom A. Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders--what information can be obtained from systematic observations? *Scand J Work Environ Health*. 1994; 20:30-45.
360. King AC, Taylor CB, Haskell WL, DeBusk RF. Influence of regular aerobic exercise on psychological health: a randomized, controlled trial of healthy middle-aged adults. *Health Psychol*. 1989; 8(3):305-24.
361. Kjaer P, Bendix T, Sorensen JS, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Med*. 2007; 5:2.
362. Kjellby-Wendt G, Carlsson SG, Styf J. Results of early active rehabilitation 5-7 years after surgical treatment for lumbar disc herniation. *J Spinal Disord Tech*. 2002; 15(5):404-9.
363. Klaber Moffett JA, Hughes GI, Griffiths P. A longitudinal study of low back pain in student nurses. *Int J Nurs Stud*. 1993; 30(3):197-212.
364. Klein AB, Snyder-Mackler L, Roy SH, DeLuca CJ. Comparison of spinal mobility and isometric trunk extensor forces with electromyographic spectral analysis in identifying low back pain. *Phys Ther*. 1991; 71(6):445-54.
365. Klenerman L, Slade PD, Stanley IM, Pennie B, Reilly JP, Atchison LE, Troup JD, Rose MJ. The prediction of chronicity in patients with an acute attack of low back pain in a general practice setting. *Spine*. 1995; 20(4):478-84.
366. Klug GA, McAuley E, Clark S. Factors influencing the development and maintenance of aerobic fitness: lessons applicable to the fibrositis syndrome. *J Rheumatol Suppl*. 1989; 19:30-9.
367. Koes BW, van Tulder MW, Ostelo R, Kim Burton A, Waddell G. Clinical guidelines for the management of low back pain in primary care: an international comparison. *Spine*. 2001; 26(22):2504-14.
368. Koes BW, van Tulder MW, van der Windt WM, Bouter LM. The efficacy of back schools: A review of randomized clinical trials. *J Clin Epidemiol*. 1994; 47(8):851-862.
369. Kofotolis N, Kellis E. Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility, and functional performance in women with chronic low back pain. *Phys Ther*. 2006; 86(7):1001-12.
370. Kole-Snijders AM, Vlaeyen JW, Goossens ME, Rutten-van Mölken MP, Heuts PH, van Breukelen G, van Eek H. Chronic low-back pain: what does cognitive coping skills training add to operant behavioral treatment? Results of a randomized clinical trial. *J Consult Clin Psychol*. 1999; 67(6):931-44.
371. Koltyn KF, Garvin AW, Gardiner RL, Nelson TF. Perception of pain following aerobic exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1996; 28(11):1418-21.
372. Konno S, Kikuchi S, Nagaosa Y. The relationship between intramuscular pressure of the paraspinal muscles and low back pain. *Spine*. 1994; 19(19):2186-9.
373. Konrad K, Tatrai T, Hunka A, Vereckei E, Korondi I. Controlled trial of balneotherapy in treatment of low back pain. *Ann Rheum Dis*. 1992; 51(6):820-2.
374. Konrad P, Schmitz K, Denner A. Neuromuscular Evaluation of Trunk-Training Exercises. *J Athl Train*. 2001; 36(2):109-18.
375. Kori SH, Miller RP, Todd DD. Kinesiophobia: a new view of chronic pain behavior. *Pain Manage*. 1990; 35-43.
376. Koumantakis GA, Watson PJ, Oldham JA. Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Phys Ther*. 2005; 85(3):209-25.
377. Kovacs KM, Marras WS, Litsky AS, Gupta P, Ferguson SA. Localized oxygen use of healthy and low back pain individuals during controlled trunk movements. *J Spinal Disord*. 2001; 14:150-8.
378. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, Fleck SJ, Franklin B, Fry AC, Hoffman JR, Newton RU, Potteiger J, Stone MH, Ratamess NA, Triplett-McBride T. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34:364-80.
379. Kramer M, Ebert V, Kinzl L, Dehner C, Elbel M, Hartwig E. Surface electromyography of the paravertebral muscles in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86(1):31-6.
380. Kristjansdottir G, Rhee H. Risk factors of back pain frequency in schoolchildren: a search for explanations to a public health problem. *Acta Paediatr*. 2002; 91(7):849-54.
381. Kuch K. Psychological factors and the development of chronic pain. *Clin J Pain*. 2001; 17(4 Suppl):S33-8.

382. Kujala UM, Taimela S, Oksanen A, Salminen JJ. Lumbar mobility and low back pain during adolescence. A longitudinal three-year follow-up study in athletes and controls. *Am J Sports Med.* 1997; 25(3):363-8.
383. Kujala UM, Taimela S, Viljanen T, Jutila H, Viitasalo JT, Videman T, Battié MC. Physical loading and performance as predictors of back pain in healthy adults. A 5-year prospective study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1996; 73(5):452-8.
384. Kumar S, Dufresne RM, Van Schoor T. Human trunk strength profile in flexion and extension. *Spine.* 1995; 20(2):160-8.
385. Kumar S, Dufresne RM, Van Schoor T. Human trunk strength profile in lateral flexion and axial rotation. *Spine.* 1995; 20(2):169-77.
386. Kumar S, Narayan Y, Garand D. An electromyographic study of isokinetic axial rotation in young adults. *Spine J.* 2003; 3(1):46-54.
387. Kuslich SD, Ulstrom CL, Michael CJ. The tissue origin of low back pain and sciatica: a report of pain response to tissue stimulation during operations on the lumbar spine using local anesthesia. *Orthop Clin North Am.* 1991; 22(2):181-7.
388. Kuukkanen T, Mälikä E. Muscular performance after a 3 month progressive physical exercise program and 9 month follow-up in subjects with low back pain. A controlled study. *Scand J Med Sci Sports.* 1996; 6(2):112-21.
389. Kwon MA, Shim WS, Kim MH, Gwak MS, Hahm TS, Kim GS, Kim CS, Choi YH, Park JH, Cho HS, Kim TH. A correlation between low back pain and associated factors: a study involving 772 patients who had undergone general physical examination. *J Korean Med Sci.* 2006; 21(6):1086-91.
390. Lafuma A, Fagnani F, Vautravers P. Management and cost of care for low back pain in primary care settings in France. *Rev Rhum Engl Ed.* 1998; 65(2):119-25.
391. Lamb KL, Brodie DA. Leisure-time physical activity as an estimate of physical fitness: a validation study. *J Clin Epidemiol.* 1991; 44(1):41-52.
392. Lang E, Liebig K, Kastner S, Neundörfer B, Heuschmann P. Multidisciplinary rehabilitation versus usual care for chronic low back pain in the community: effects on quality of life. *Spine J.* 2003; 3(4):270-6.
393. Langevin HM, Sherman KJ. Pathophysiological model for chronic low back pain integrating connective tissue and nervous system mechanisms. *Med Hypotheses.* 2007; 68(1):74-80.
394. Larivière C, Arsenault AB, Gravel D, Gagnon D, Loisel P. Surface electromyography assessment of back muscle intrinsic properties. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003; 13(4):305-18.
395. Larivière C, Gravel D, Gagnon D, Gardiner P, Bertrand Arsenault A, Gaudreault N. Gender influence on fatigability of back muscles during intermittent isometric contractions: a study of neuromuscular activation patterns. *Clin Biomech.* 2006; 21(9):893-904.
396. Latimer J, Maher CG, Refshauge K, Colaco I. The reliability and validity of the Biering-Sorensen test in asymptomatic subjects and subjects reporting current or previous nonspecific low back pain. *Spine.* 1999; 24(20):2085-90.
397. Laughlin MH. Cardiovascular response to exercise. *Am J Physiol.* 1999; 277(6 Pt 2):S244-59.
398. Lawlis GF, Cuencas R, Selby D, McCoy CE. The development of the Dallas Pain Questionnaire. An assessment of the impact of spinal pain on behavior. *Spine.* 1989; 14(5):511-6.
399. Le Huec JC, Mathews H, Basso Y, Aunoble S, Hoste D, Bley B, Friesem T. Clinical results of Maverick lumbar total disc replacement: two-year prospective follow-up. *Orthop Clin North Am.* 2005; 36(3):315-22.
400. Leboeuf-Yde C, Klougart N, Lauritzen T. How common is low back pain in the Nordic population? Data from a recent study on a middle-aged general Danish population and four surveys previously conducted in the Nordic countries. *Spine.* 1996; 21(13):1518-26.
401. Leboeuf-Yde C, Kyvik KO, Bruun NH. Low back pain and lifestyle. Part II--Obesity. Information from a population-based sample of 29,424 twin subjects. *Spine.* 1999; 24(8):779-84.
402. Leboeuf-Yde C. Smoking and low back pain. A systematic literature review of 41 journal articles reporting 47 epidemiologic studies. *Spine.* 1999; 24(14):1463-70.
403. Leclaire R, Blier F, Fortin L, Proulx R. A cross-sectional study comparing the Oswestry and Roland-Morris Functional Disability scales in two populations of patients with low back pain of different levels of severity. *Spine.* 1997; 22(1):68-71.
404. Leclaire R, Esdaile JM, Suissa S, Rossignol M, Proulx R, Dupuis M. Back school in a first episode of compensated acute low back pain: A clinical trial to assess efficacy and prevent relapse. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996; 77(7):673-9.
405. Lee J, Koh D, Ong CN. Statistical evaluation of agreement between two methods for measuring a quantitative variable. *Comput Biol Med.* 1989; 19(1):61-70.
406. Lee JH, Hoshino Y, Nakamura K, Kariya Y, Saita K, Ito K. Trunk muscle weakness as a risk factor for low back pain. A 5-year prospective study. *Spine.* 1999; 24(1):54-7.
407. Lee JH, Ooi Y, Nakamura K. Measurement of muscle strength of the trunk and the lower extremities in subjects with history of low back pain. *Spine.* 1995; 20(18):1994-6.
408. Lee P, Helewa A, Goldsmith CH, Smythe HA, Stitt LW. Low back pain: prevalence and risk factors in an industrial setting. *J Rheumatol.* 2001; 28(2):346-51.
409. Leeuw M, Goossens ME, Linton SJ, Crombez G, Boersma K, Vlaeyen JW. The fear-avoidance model of musculoskeletal pain: current state of scientific evidence. *J Behav Med.* 2007; 30(1):77-94.
410. Leggett S, Mooney V, Matheson LN, Nelson B, Dreisinger T, Van Zytveld J, Vie L. Restorative exercise for clinical low back pain. A prospective two-center study with 1-year follow-up. *Spine.* 1999; 24(9):889-98.
411. Lehman GJ, McGill SM. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: a proof of principle. *J Manipulative Physiol Ther.* 1999; 22(7):444-6.
412. Leino P, Aro S, Hasan J. Trunk muscle function and low back disorders: a ten-year follow-up study. *J Chronic Dis.* 1987; 40(4):289-96.
413. Leino-Arjas P, Hänninen K, Puska P. Socioeconomic variation in back and joint pain in Finland. *Eur J Epidemiol.* 1998; 14(1):79-87.

414. Leong JC, Luk KD, Chow DH, Woo CW. The biomechanical functions of the iliolumbar ligament in maintaining stability of the lumbosacral junction. *Spine*. 1987; 12(7):669-74.
415. Levene JA, Seeds RH, Goldberg HM, Frazier M, Fuhrman GA. Trends in isodynamic and isometric trunk testing on the Isostation B200. *J Spinal Disord*. 1989; 2(1):20-35.
416. Lewis DA, Kamon E, Hodgson JL. Physiological differences between genders. Implications for sports conditioning. *Sports Med*. 1986; 3(5):357-69.
417. Lightfoot JT, Tankersley C, Rowe SA, Freed AN, Fortney SM. Automated blood pressure measurements during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1989; 21(6):698-707.
418. Lightfoot JT, Tuller B, Williams DF. Ambient noise interferes with auscultatory blood pressure measurement during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1996; 28(4):502-8.
419. Lightfoot JT. Can blood pressure be measured during exercise? A review. *Sports Med*. 1991; 12(5):290-301.
420. Lindh MH, Johansson LG, Hedberg M, Grimby GL. Studies on maximal voluntary muscle contraction in patients with fibromyalgia. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75(11):1217-22.
421. Lings S, Leboeuf-Yde C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999. *Int Arch Occup Environ Health*. 2000; 73(5):290-7.
422. Linton SJ, Hellsing AL, Halldén K. A population-based study of spinal pain among 35-45-year-old individuals. Prevalence, sick leave, and health care use. *Spine*. 1998; 23(13):1457-63.
423. Linton SJ. A review of psychological risk factors in back and neck pain. *Spine*. 2000; 25(9):1148-56.
424. Ljungquist T, Fransson B, Harms-Ringdahl K, Björnham A, Nygren A. A physiotherapy test package for assessing back and neck dysfunction—discriminative ability for patients versus healthy control subjects. *Physiother Res Int*. 1999; 4(2):123-40.
425. Lobstein DD, Rasmussen CL. Decreases in resting plasma beta-endorphin and depression scores after endurance training. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991; 31(4):543-51.
426. Loebl WY. Measurement of spinal posture and range of spinal movement. *Ann Phys Med*. 1967; 9(3):103-10.
427. Lohnberg JA. A review of outcome studies on cognitive-behavioral therapy for reducing fear-avoidance beliefs among individuals with chronic pain. *J Clin Psychol Med Settings*. 2007; 14:113-22.
428. Loisel P, Gosselin L, Durand P, Lemaire J, Poitras S, Abenhaim L. Implementation of a participatory ergonomics program in the rehabilitation of workers suffering from subacute back pain. *Appl Ergon*. 2001; 32(1):53-60.
429. Long DM. Failed back surgery syndrome. *Neurosurg Clin N Am*. 1991; 2(4):899-919.
430. Lonn JH, Glomsrød B, Soukup MG, Bø K, Larsen S. Active back school: prophylactic management for low back pain. A randomized, controlled, 1-year follow-up study. *Spine*. 1999; 24(9):865-71.
431. Louhevaara V, Smolander J, Aminoff T, Korhonen O, Shen N. Cardiorespiratory responses to fatiguing dynamic and isometric hand-grip exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2000; 82(4):340-4.
432. Lowe TG, Line BG. Evidence based medicine: analysis of Scheuermann kyphosis. *Spine*. 2007; 32(19):S115-9.
433. Lowe TG. Scheuermann's disease. *Orthop Clin North Am*. 1999; 30(3):475-87.
434. Lurie JD. What diagnostic tests are useful for low back pain? *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2005; 19(4):557-75.
435. MacDonald DA, Moseley GL, Hodges PW. The lumbar multifidus: does the evidence support clinical beliefs? *Man Ther*. 2006; 11(4):254-63.
436. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N, Buick F. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol*. 1992; 73(4):1590-7.
437. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol*. 1985; 58(3):785-90.
438. Machado LA, de Souza MS, Ferreira PH, Ferreira ML. The McKenzie method for low back pain: a systematic review of the literature with a meta-analysis approach. *Spine*. 2006; 31(9):E254-62.
439. Macintosh JE, Bogduk N, Pearcy MJ. The effects of flexion on the geometry and actions of the lumbar erector spinae. *Spine*. 1993; 18(7):884-93.
440. Maetzel A, Li L. The economic burden of low back pain: a review of studies published between 1996 and 2001. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2002; 16(1):23-30.
441. Maigne JY, Aivaliklis A, Pfefer F. Results of sacroiliac joint double block and value of sacroiliac pain provocation tests in 54 patients with low back pain. *Spine*. 1996; 21(16):1889-92.
442. Mairiaux P, Oblin M. Evaluation d'un programme intensif de revalidation pour travailleurs lombalgiques. *Arch Mal Prof*. 1997; 58: 432-9.
443. Mairiaux P. Travailleurs lombalgiques : Bases scientifiques des programmes de « retour au travail ». *Doc pour méd trav*. 2005; 101:23-9.
444. Malanga G, Wolff E. Evidence-informed management of chronic low back pain with nonsteroidal anti-inflammatory drugs, muscle relaxants, and simple analgesics. *Spine J*. 2008; 8(1):173-84.
445. Malliou P, Giouftsidou A, Beneka A, Godolias G. Measurements and evaluations in low back pain patients. *Scand J Med Sci Sports*. 2006; 16(4):219-30.
446. Malmivaara A, Häkkinen U, Aro T, Heinrichs ML, Koskeniemi L, Kuosma E, Lappi S, Paloheimo R, Servo C, Vaaranen V, et al. The treatment of acute low back pain—bed rest, exercises, or ordinary activity? *N Engl J Med*. 1995; 332(6):351-5.
447. Manchikanti L, Manchikanti KN, Manchukonda R, Cash KA, Damron KS, Pampati V, McManus CD. Evaluation of lumbar facet joint nerve blocks in the management of chronic low back pain: preliminary report of a randomized, double-blind controlled trial: clinical trial. *Pain Physician*. 2007; 10(3):425-40.
448. Manchikanti L, Pampati V, Fellows B, Baha AG. The inability of the clinical picture to characterize pain from facet joints. *Pain Physician*. 2000; 3(2):158-66.

449. Manchikanti L, Singh V, Pampati V, Damron KS, Barnhill RC, Beyer C, Cash KA. Evaluation of the relative contributions of various structures in chronic low back pain. *Pain Physician*. 2001; 4(4):308-16.
450. Manchikanti L, Singh V. Review of chronic low back pain of facet joint origin. *Pain Physician*. 2002; 5(1):83-101.
451. Mandell PJ, Weitz E, Bernstein JI, Lipton MH, Morris J, Bradshaw D, Bodkin KP, Mattmiller B. Isokinetic trunk strength and lifting strength measures. Differences and similarities between low-back-injured and noninjured workers. *Spine*. 1993; 18(16):2491-501.
452. Maniadakis N, Gray A. The economic burden of back pain in the UK. *Pain*. 2000; 84(1):95-103.
453. Manniche C, Lundberg E, Christensen I, Bentzen L, Hesselsøe G. Intensive dynamic back exercises for chronic low back pain: a clinical trial. *Pain*. 1991; 47(1):53-63.
454. Manniche C, Skall HF, Braendholt L, Christensen BH, Christophersen L, Ellegaard B, Heilbuth A, Ingerslev M, Jørgensen OE, Larsen E, Lorentzen L, Nielsen CJ, Nielsen H, Windelin M. Clinical trial of postoperative dynamic back exercises after first lumbar discectomy. *Spine*. 1993; 18(1):92-7.
455. Manniche C. Assessment and exercise in low back pain. With special reference to the management of pain and disability following first time lumbar disc surgery. *Dan Med Bull*. 1995; 42(4):301-13.
456. Manniche C. Clinical benefit of intensive dynamic exercises for low back pain. *Scand J Med Sci Sports*. 1996; 6(2):82-7.
457. Manning DP, Mitchell RG, Blanchfield LP. Body movements and events contributing to accidental and non-accidental back injuries. *Spine*. 1984; 9(7):734-9.
458. Mannion AF, Balagué F, Pellisé F, Cedraschi C. Pain measurement in patients with low back pain. *Nat Clin Pract Rheumatol*. 2007; 3(11):610-8.
459. Mannion AF, Connolly B, Wood K, Dolan P. The use of surface EMG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function. *J Rehabil Res Dev*. 1997; 34(4):427-39.
460. Mannion AF, Dolan P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue. *Spine*. 1994; 19(11):1223-9.
461. Mannion AF, Dumas GA, Cooper RG, Espinosa FJ, Faris MW, Stevenson JM. Muscle fibre size and type distribution in thoracic and lumbar regions of erector spinae in healthy subjects without low back pain: normal values and sex differences. *J Anat*. 1997; 190:505-13.
462. Mannion AF, Dvorak J, Müntener M, Grob D. A prospective study of the interrelationship between subjective and objective measures of disability before and 2 months after lumbar decompression surgery for disc herniation. *Eur Spine J*. 2005; 14(5):454-65.
463. Mannion AF, Elfering A. Predictors of surgical outcome and their assessment. *Eur Spine J*. 2006; 15 Suppl 1:S93-108.
464. Mannion AF, Junge A, Taimela S, Müntener M, Lorenzo K, Dvorak J. Active therapy for chronic low back pain: part 3. Factors influencing self-rated disability and its change following therapy. *Spine*. 2001; 26(8):920-9.
465. Mannion AF, Kaser L, Weber E, Rhyner A, Dvorak J, Müntener M. Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *Eur Spine J*. 2000; 9(4):273-81.
466. Mannion AF, Müntener M, Taimela S, Dvorak J. A randomized clinical trial of three active therapies for chronic low back pain. *Spine*. 1999; 24(23):2435-48.
467. Mannion AF, Müntener M, Taimela S, Dvorak J. Comparison of three active therapies for chronic low back pain: results of a randomized clinical trial with one-year follow-up. *Rheumatology (Oxford)*. 2001; 40(7):772-8.
468. Mannion AF, Taimela S, Müntener M, Dvorak J. Active therapy for chronic low back pain part 1. Effects on back muscle activation, fatigability, and strength. *Spine*. 2001; 26(8):897-908.
469. Mannion AF, Weber BR, Dvorak J, Grob D, Müntener M. Fibre type characteristics of the lumbar paraspinal muscles in normal healthy subjects and in patients with low back pain. *J Orthop Res*. 1997; 15:881-7.
470. Maquet D, Croisier JL, Demoulin C, Faymonville M, Crielaard JM. Value of aerobic rehabilitation in the management of fibromyalgia. *Rev Med Liege*. 2006; 61(2):109-16.
471. Maquet D, Demoulin C, Croisier JL, Crielaard JM. Benefits of physical training in fibromyalgia and related syndromes. *Ann Readapt Med Phys*. 2007; 50(6):363-8.
472. Maquet D, Demoulin C, Forthomme B, Crielaard JM, Croisier JL. Activation EMG pattern during isokinetic knee flexion-extension assessment: Comparison between healthy subjects and chronic pain patients. *Isokinet exerc sci*. 2005; 13(1):5-11.
473. Maquet D. Contribution à l'évaluation de la fonction musculaire du sujet fibromyalgique. Thèse de Doctorat en Kinésithérapie et Réadaptation, Université de Liège, Faculté de Médecine, 2004.
474. Maquet D, Demoulin C, Crielaard JM. Le point sur le syndrome de fatigue chronique. *Ann Réadapt Méd Phys*. 2006; 49(6):337-47.
475. Marras WS, Lavender SA, Leurgans SE, Fathallah FA, Ferguson SA, Allread WG, Rajulu SL. Biomechanical risk factors for occupationally related low back disorders. *Ergonomics*. 1995; 38(2):377-410.
476. Marras WS. Occupational low back disorder causation and control. *Ergonomics*. 2000; 43(7):880-902.
477. Martell BA, O'Connor PG, Kerns RD, Becker WC, Morales KH, Kosten TR, Fiellin DA. Systematic review: opioid treatment for chronic back pain: prevalence, efficacy, and association with addiction. *Ann Intern Med*. 2007; 146(2):116-27.
478. Marty M, Blotman F, Avouac B, Rozenberg S, Valat JP. Validation of the French version of the Dallas Pain Questionnaire in chronic low back pain patients. *Rev Rhum Engl Ed*. 1998; 65(2):126-34.
479. Masuda K, Masuda T, Sadoyama T, Inaki M, Katsuta S. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. *J Electromyogr Kinesiol*. 1999; 9(1):39-46.
480. Matre DA, Sinkjaer T, Svensson P, Arendt-Nielsen L. Experimental muscle pain increases the human stretch reflex. *Pain*. 1998; 75(2-3):331-9.

481. Matsui H, Kanamori M, Ishihara H, Yudoh K, Naruse Y, Tsuji H. Familial predisposition for lumbar degenerative disc disease. A case-control study. *Spine*. 1998; 23(9):1029-34.
482. Matsumoto T, Kawakami M, Kuribayashi K, Takenaka T, Tamaki T. Cyclic Mechanical Stretch Stress Increases the Growth Rate and Collagen Synthesis of Nucleus Pulposus Cells In Vitro. *Spine*. 1999; 24(4):315-9.
483. Mattmiller AW. The california back school. *Physiotherapy*. 1980; 66:118-21.
484. Mayer J, Mooney V, Dagenais S. Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar extensor strengthening exercises. *Spine J*. 2008; 8(1):96-113.
485. Mayer T, Gatchel R, Betancur J, Bovasso E. Trunk muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine*. 1995; 20(8):920-7.
486. Mayer TG, Gatchel RJ, Kishino N, Keeley J, Mayer H, Capra P, Mooney V. A prospective short-term study of chronic low back pain patients utilizing novel objective functional measurement. *Pain*. 1986; 25(1):53-68.
487. Mayer TG, Gatchel RJ, Mayer H, Kishino ND, Keeley J, Mooney V. A prospective two-year study of functional restoration in industrial low back injury. An objective assessment procedure. *JAMA*. 1987; 258(13):1763-7.
488. Mayer TG, Gatchel RJ. *Functional Restoration for Spinal Disorders: The Sports Medicine Approach*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1988.
489. Mayer TG, Mooney V, Gatchel RJ, Barnes D, Terry A, Smith S, Mayer H. Quantifying postoperative deficits of physical function following spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 1989; (244):147-57.
490. Mayer TG, Smith SS, Keeley J, Mooney V. Quantification of lumbar function. Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low-back pain patients. *Spine*. 1985; 10(8):765-72.
491. Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, Mooney V. Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range-of-motion in normal subjects and chronic low-back dysfunction patients. *Spine*. 1984; 9(6):588-95.
492. Mayer TG, Vanharanta H, Gatchel RJ, Mooney V, Barnes D, Judge L, Smith S, Terry A. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. *Spine*. 1989; 14(1):33-6.
493. McCall IW, Park WM, O'Brien JP. Induced pain referral from posterior elements in normal subjects. *Spine*. 1979; 4:441-6.
494. McCracken LM, Turk DC. Behavioral and cognitive-behavioral treatment for chronic pain: outcome, predictors of outcome, and treatment process. *Spine*. 2002; 27(22):2564-73.
495. McGill S, Juker D, Kropf P. Quantitative intramuscular myoelectric activity of quadratus lumborum during a wide variety of tasks. *Clin Biomech*. 1996; 11(3):170-2.
496. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999; 80(8):941-4.
497. McGill SM, Hughson RL, Parks K. Changes in lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles. *Clin Biomech*. 2000; 15(10):777-80.
498. McGill SM, Hughson RL, Parks K. Lumbar erector spinae oxygenation during prolonged contractions: implications for prolonged work. *Ergonomics*. 2000; 43(4):486-93.
499. McGill SM. Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. *J Rehabil Res Dev*. 1997; 34(4):448-58.
500. McGregor AH, Anderton L, Gedroyc WM. The trunk muscles of elite oarsmen. *Br J Sports Med*. 2002; 36(3):214-7.
501. McKenzie RA. Prophylaxis in recurrent low back pain. *N Z Med J*. 1979; 89:22-3.
502. McKeon MD, Albert WJ, Neary JP. Assessment of neuromuscular and haemodynamic activity in individuals with and without chronic low back pain. *Dyn Med*. 2006; 5:6.
503. McNeill T, Warwick D, Andersson G, Schultz A. Trunk strengths in attempted flexion, extension, and lateral bending in healthy subjects and patients with low-back disorders. *Spine*. 1980; 5(6):529-38.
504. McQuade KJ, Turner JA, Buchner DM. Physical fitness and chronic low back pain. An analysis of the relationships among fitness, functional limitations, and depression. *Clin Orthop*. 1988; 233:198-204.
505. Meadeb J, Guggenbuhl P, Veillard E, Chalès G. Facteurs anthropométriques et lombalgie. *Revue de la littérature sur le poids, la taille et l'anthropométrie lombo-pelvienne*. *Rev Rhum*. 1998; 65:39-42S.
506. Mellin G, Harkapaa K, Vanharanta H, Hupli M, Heinonen R, Jarvikoski A. Outcome of a multimodal treatment including intensive physical training of patients with chronic low back pain. *Spine*. 1993; 18(7):825-9.
507. Menard MR, Cooke C, Locke SR, Beach GN, Butler TB. Pattern of performance in workers with low back pain during a comprehensive motor performance evaluation. *Spine*. 1994; 19(12):1359-66.
508. Mendez FJ, Gomez-Conesa A. Postural hygiene program to prevent low back pain. *Spine*. 2001; 26(11):1280-6.
509. Merskey E, Bogduk E Eds. *Classification of Chronic Pain*. IASP. Second Edition. IASP Press. 1994; pp. 209-214.
510. Michaelson P, Sjölander P, Johansson H. Factors predicting pain reduction in chronic back and neck pain after multimodal treatment. *Clin J Pain*. 2004; 20(6):447-54.
511. Mikkelsen LO, Nupponen H, Kaprio J, Kautiainen H, Mikkelsen M, Kujala UM. Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study. *Br J Sports Med*. 2006; 40(2):107-13.
512. Mikkelsen M, Salminen JJ, Sourander A, Kautiainen H. Contributing factors to the persistence of musculoskeletal pain in preadolescents: a prospective 1-year follow-up study. *Pain*. 1998; 77(1):67-72.
513. Milne S, Welch V, Brosseau L, Saginur M, Shea B, Tugwell P, Wells G. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2001; (2):CD003008.
514. Mior S. Manipulation and mobilization in the treatment of chronic pain. *Clin J Pain*. 2001; 17(4 Suppl):S70-6.
515. Mirka GA. The quantification of EMG normalization error. *Ergonomics*. 1991; 34(3):343-52.

516. Moffroid M, Reid S, Henry SM, Haugh LD, Ricamato A. Some endurance measures in persons with chronic low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994; 20(2):81-7.
517. Moffroid MT, Haugh LD, Haig AJ, Henry SM, Pope MH. Endurance training of trunk extensor muscles. *Phys Ther.* 1993; 73(1):10-7.
518. Mogren IM, Pohjanen AI. Low back pain and pelvic pain during pregnancy: prevalence and risk factors. *Spine.* 2005; 30(8):983-91.
519. Momen A, Handy B, Kunselman A, Leuvenberger UA, Sinoway LI. Influence of sex and active muscle mass on renal vascular responses during static exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006; 291(1):121-6.
520. Mooney V, Andersson GB. Trunk strength testing in patient evaluation and treatment. *Spine.* 1994; 19(21):2483-5.
521. Mooney V, Gulick J, Perlman M, Levy D, Pozos R, Leggett S, Resnick D. Relationships between myoelectric activity, strength, and MRI of lumbar extensor muscles in back pain patients and normal subjects. *J Spinal Disord.* 1997; 10(4):348-56.
522. Moreau CE, Green BN, Johnson CD, Moreau SR. Isometric back extension endurance tests: a review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther.* 2001; 24(2):110-22.
523. Moreland J, Finch E, Stratford P, Balsor B, Gill C. Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997; 26(4):200-8.
524. Morgan WP. Affective beneficence of vigorous physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17(1):94-100.
525. Mori A. Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2004; 44(1):57-64.
526. Morrissey MC. Reflex inhibition of thigh muscles in knee injury. Causes and treatment. *Sports Med.* 1989; 7(4):263-76.
527. Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine.* 2002; 27(2):E29-36.
528. Moseley GL, Nicholas MK, Hodges PW. Does anticipation of back pain predispose to back trouble? *Brain.* 2004; 127:2339-47.
529. Moseley L. Combined physiotherapy and education is efficacious for chronic low back pain. *Aust J Physiother.* 2002; 48(4):297-302.
530. Mostardi RA, Noe DA, Kovacic MW, Porterfield JA. Isokinetic lifting strength and occupational injury. A prospective study. *Spine.* 1992; 17(2):189-93.
531. Müller G, Hille E, Szpalski M. Function of the trunk musculature in elite rowers. *Sportverletz Sportschaden.* 1994; 8(3):134-42.
532. Müller R, Büttner P. A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Stat Med.* 1994; 13(23-24):2465-76.
533. Murray DA, Harrison E. Constant velocity dynamometer: an appraisal using mechanical loading. *Med Sci Sports Exerc.* 1986; 18(6):612-24.
534. Nachemson A, Carlsson CA, Englund L, Goossens M, Harms-Ringdahl K, Jonsson E, Marke LA, Norlund A, Soderstrom M, Vingard E. Back and neck pain. Swedish Council on Technology Assessment in Health Care (SBU); 2000.
535. Nachemson AL. The lumbar spine, an orthopedic challenge. *Spine.* 1976; 1:59.
536. Nargol AV, Jones AP, Kelly PJ, Greenough CG. Factors in the reproducibility of electromyographic power spectrum analysis of lumbar paraspinal muscle fatigue. *Spine.* 1999; 24(9):883-8.
537. Nelson BW, O'Reilly E, Miller M, Hogan M, Wegner JA, Kelly C. The clinical effects of intensive, specific exercise on chronic low back pain: a controlled study of 895 consecutive patients with 1-year follow up. *Orthopedics.* 1995; 18(10):971-81.
538. New Zealand Acute Low Back Pain Guide, incorporating the Guide to Assessing Psychosocial Yellow Flags in Acute Low Back Pain. Accident Compensation Corporation (ACC). 2004.
539. Newton M, Thow M, Somerville D, Henderson I, Waddell G. Trunk strength testing with iso-machines. Part 2: Experimental evaluation of the Cybex II Back Testing System in normal subjects and patients with chronic low back pain. *Spine.* 1993; 18(7):812-24.
540. Newton M, Waddell G. Trunk strength testing with iso-machines. Part 1: Review of a decade of scientific evidence. *Spine.* 1993; 18(7):801-11.
541. Ng JK, Kippers V, Richardson CA, Parnianpour M. Range of motion and lordosis of the lumbar spine: reliability of measurement and normative values. *Spine.* 2001; 26(1):53-60.
542. Ng JK, Richardson CA, Jull GA. Electromyographic amplitude and frequency changes in the iliocostalis lumborum and multifidus muscles during a trunk holding test. *Phys Ther.* 1997; 77(9):954-61.
543. Ng JK, Richardson CA, Kippers V, Parnianpour M. Relationship between muscle fiber composition and functional capacity of back muscles in healthy subjects and patients with back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 27(6):389-402.
544. Nicolaisen T, Jørgensen K. Trunk strength, back muscle endurance and low-back trouble. *Scand J Rehabil Med.* 1985; 17(3):121-7.
545. Nielens H, Boisset V, Masquelier E. Fitness and perceived exertion in patients with fibromyalgia syndrome. *Clin J Pain.* 2000; 16(3):209-13.
546. Nielens H, Plaghki L. Evaluation of physical adaptation to exercise of chronic pain patients by a step-test procedure. *The Pain Clinic.* 1991; 4:21-8.
547. Nielens H, Plaghki L. Perception of pain and exertion during exercise on a cycle ergometer in chronic pain patients. *Clin J Pain.* 1994; 10(3):204-9.
548. Nielens H, Van Zundert J, Mairiaux P, Gailly J, Van Den Hecke N, Mazina D, Camberlin C, Bartholomeeusen S, De Gauquier K, Paulus D, Ramaekers. Lomalgie chronique. Good Clinical practice (GCP). Bruxelles: Centre fédéral d'expertise des soins de santé (KCE). 2006 ; KCE reports 48 B (D/2006/10.273/64).
549. Nizard RS, Lot G. Chirurgie standard ou microchirurgie de la hernie discale. *Rev Rhum.* 2000; 67(4):294-8.

550. Nordin M, Cedraschi C, Balague F, Roux EB. Back schools in prevention of chronicity. *Baillieres Clin Rheumatol*. 1992; 6(3):685-703.
551. Nourbakhsh MR, Arab AM. Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002; 32(9):447-60.
552. Novy DM, Simmonds MJ, Olson SL, Lee CE, Jones SC. Physical performance: differences in men and women with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999; 80(2):195-8.
553. Oddsson LI, De Luca CJ. Activation imbalances in lumbar spine muscles in the presence of chronic low back pain. *J Appl Physiol*. 2003; 94(4):1410-20.
554. Ogon M, Krüsmmer M, Söllner W, Kantner-Rumplmair W, Lampe A. Chronic low back pain measurement with visual analogue scales in different settings. *Pain*. 1996; 64(3):425-8.
555. Oland G, Tveiten G. A trial of modern rehabilitation for chronic low-back pain and disability. Vocational outcome and effect of pain modulation. *Spine*. 1991; 16(4):457-9.
556. Olmarker K, Blomquist J, Strömberg J, Nannmark U, Thomsen P, Rydevik B. Inflammatory properties of nucleus pulposus. *Spine*. 1995; 20(6):665-9.
557. Ostelo RW, de Vet HC, Berfelo MW, Kerckhoffs MR, Vlaeyen JW, Wolters PM, van den Brandt PA. Effectiveness of behavioral graded activity after first-time lumbar disc surgery: short term results of a randomized controlled trial. *Eur Spine J*. 2003; 12(6):637-44.
558. Ostelo RW, de Vet HC, Vlaeyen JW, Kerckhoffs MR, Berfelo WM, Wolters PM, van den Brandt PA. Behavioral graded activity following first-time lumbar disc surgery: 1-year results of a randomized clinical trial. *Spine*. 2003; 28(16):1757-65.
559. Ostelo RW, de Vet HC, Waddell G, Kerckhoffs MR, Leffers P, van Tulder M. Rehabilitation following first-time lumbar disc surgery: a systematic review within the framework of the cochrane collaboration. *Spine*. 2003; 28(3):209-18.
560. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992; 5(4):383-97.
561. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord*. 1992; 5(4):390-7.
562. Parkkola R, Kormano M. Lumbar disc and back muscle degeneration on MRI: correlation to age and body mass. *J Spinal Disord*. 1992; 5(1):86-92.
563. Parkkola R, Rytökoski U, Kormano M. Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine*. 1993; 18(7):830-6.
564. Parnianpour M, Li F, Nordin M, Kahanovitz N. A database of isoinertial trunk strength tests against three resistance levels in sagittal, frontal, and transverse planes in normal male subjects. *Spine*. 1989; 14(4):409-11.
565. Parnianpour M, Nordin M, Kahanovitz N, Frankel V. 1988 Volvo award in biomechanics. The triaxial coupling of torque generation of trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns. *Spine*. 1988; 13(9):982-92.
566. Peach JP, Gunning J, McGill SM. Reliability of spectral EMG parameters of healthy back extensors during submaximum isometric fatiguing contractions and recovery. *J Electromyogr Kinesiol*. 1998; 8(6):403-10.
567. Peel C, Alland MJ. Cardiovascular responses to isokinetic trunk exercise. *Phys Ther*. 1990; 70(8):503-10.
568. Pengel LH, Herbert RD, Maher CG, Refshauge KM. Acute low back pain: systematic review of its prognosis. *BMJ*. 2003; 327(7410):323.
569. Peyron R, Laurent B, García-Larrea L. Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis. *Neurophysiol Clin*. 2000; 30(5):263-88.
570. Pflingsten M, Hildebrandt J, Leibing E, Franz C, Saur P. Effectiveness of a multimodal treatment program for chronic low-back pain. *Pain*. 1997; 73(1):77-85.
571. Philadelphia P. Philadelphia Panel evidence-based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for low back pain. *Phys Ther*. 2001; 1(10):1641-74.
572. Picavet HS, Schouten JS. Musculoskeletal pain in the Netherlands: prevalences, consequences and risk groups, the DMC(3)-study. *Pain*. 2003; 102(1-2):167-78.
573. Pincus T, Burton AK, Vogel S, Field AP. A systematic review of psychological factors as predictors of chronicity/disability in prospective cohorts of low back pain. *Spine*. 2002; 27(5):E109-20.
574. Pitcher MJ, Behm DG, MacKinnon SN. Neuromuscular fatigue during a modified Biering-Sørensen test in subjects with and without low back pain. *J Sports Sci Med*. 2007; 6:549-59.
575. Plamondon A, Marceau C, Stainton S, Desjardins P. Toward a better prescription of the prone back extension exercise to strengthen the back muscles. *Scand J Med Sci Sports*. 1999; 9(4):226-32.
576. Plamondon A, Serresse O, Boyd K, Ladouceur D, Desjardins P. Estimated moments at L5/S1 level and muscular activation of back extensors for six prone back extension exercises in healthy individuals. *Scand J Med Sci Sports*. 2002; 12(2):81-9.
577. Poiradeau S, Rannou F, Revel M. Functional restoration programs for low back pain: a systematic review. *Ann Readapt Med Phys*. 2007; 50(6):425-9.
578. Poitras S, Brosseau L. Evidence-informed management of chronic low back pain with transcutaneous electrical nerve stimulation, interferential current, electrical muscle stimulation, ultrasound, and thermotherapy. *Spine J*. 2008; 8(1):226-33.
579. Polgar J, Johnson MA, Weightman D, Appleton D. Data on fibre size in thirty-six human muscles. An autopsy study. *J Neurol Sci* 1973; 19(3):307-18.
580. Pollock M, Graves J, Leggett S, Young G, Garzarella L, Carpenter D, Fulton M, Jones A. Accuracy of counterweighting to account for upper body mass in testing lumbar extension strength. *Med Sci Sports Exerc*. 1991; 23(4):S66.
581. Ponte DJ, Jensen GJ, Kent BE. A preliminary report on the use of the McKenzie protocol versus Williams protocol in the treatment of low back pain. *Orthop Sports Phys Ther*. 1984; 6(2):130-9.

582. Pope MH, Magnusson M, Wilder DG. Kappa Delta Award. Low back pain and whole body vibration. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; 354:241-8.
583. Postacchini F. Results of surgery compared with conservative management for lumbar disc herniations. *Spine.* 1996; 21(11):1383-7.
584. Proper KI, van der Beek AJ, Hildebrandt VH, Twisk JW, van Mechelen W. Short term effect of feedback on fitness and health measurements on self reported appraisal of the stage of change. *Br J Sports Med.* 2003; 37(6):529-34.
585. Protas EJ, Mayer TG, Dersh J, Keeley J, Gatchel RJ, McGeary D. Relevance of aerobic capacity measurements in the treatment of chronic work-related spinal disorders. *Spine.* 2004; 29(19):2158-67.
586. Punnett L, Fine LJ, Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB. Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers. *Scand J Work Environ Health.* 1991; 17(5):337-46.
587. Rackwitz B, de Bie R, Limm H, von Garnier K, Ewert T, Stucki G. Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clin Rehabil.* 2006 ;20(7):553-67.
588. Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, Greene HS. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine.* 2001; 26(7):724-30.
589. Rainville J, Hartigan C, Jouve C, Martinez E. The influence of intense exercise-based physical therapy program on back pain anticipated before and induced by physical activities. *Spine J.* 2004; 4(2):176-83.
590. Rainville J, Hartigan C, Martinez E, Limke J, Jouve C, Finno M. Exercise as a treatment for chronic low back pain. *Spine J.* 2004; 4(1):106-15.
591. Rainville J, Jouve CA, Hartigan C, Martinez E, Hipona M. Comparison of short- and long-term outcomes for aggressive spine rehabilitation delivered two versus three times per week. *Spine J.* 2002; 2(6):402-7.
592. Rainville J, Sobel JB, Hartigan C, Wright A. The effect of compensation involvement on the reporting of pain and disability by patients referred for rehabilitation of chronic low back pain. *Spine.* 1997; 22(17):2016-24.
593. Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Pain Pract.* 2008; 8(1):18-44.
594. Ramirez LF, Thisted R. Complications and demographic characteristics of patients undergoing lumbar discectomy in community hospitals. *Neurosurgery.* 1989; 25(2):226-31.
595. Rantanen P, Nykvist F. Optimal sagittal motion axis for trunk extension and flexion tests in chronic low back trouble. *Clin Biomech.* 2000; 15(9):665-71.
596. Rantanen P, Penttinen E, Rinta-Kaupilla S, Ruusila T. Cardiovascular stress in isokinetic trunk strength test. *Spine.* 1995; 20(4):485-8.
597. Rashiq S, Koller M, Haykowsky M, Jamieson K. The effect of opioid analgesia on exercise test performance in chronic low back pain. *Pain.* 2003; 106(1-2):119-25.
598. Refshauge KM, Maher CG. Low back pain investigations and prognosis: a review. *Br J Sports Med.* 2006; 40(6):494-8.
599. Reid S, Hazard RG, Fenwick JW. Isokinetic trunk-strength deficits in people with and without low-back pain: a comparative study with consideration of effort. *J Spinal Disord.* 1991; 4(1):68-72.
600. Revel M. Sciatiques et autres lomboradiculalgies discales. *Encycl Méd Chir Orthop Traumatol* 2004; 15-840-D-10.
601. Richardson C, Hodges P, Hides J Eds. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain. 2<sup>nd</sup> Edition. London : Churchill Livingstone. 2004.
602. Richardson JK, Chung T, Schultz JS, Hurvitz E. A familial predisposition toward lumbar disc injury. *Spine.* 1997; 22(13):1487-93.
603. Riihimaki H. Epidemiology of work related diseases. *BMJ.* 1995; 207-38.
604. Riipinen M, Niemistö L, Lindgren KA, Hurri H. Psychosocial differences as predictors for recovery from chronic low back pain following manipulation, stabilizing exercises and physician consultation or physician consultation alone. *J Rehabil Med.* 2005; 37(3):152-8.
605. Risch SV, Norvell NK, Pollock ML, Risch ED, Langer H, Fulton M, Graves JE, Leggett SH. Lumbar strengthening in chronic low back pain patients. Physiologic and psychological benefits. *Spine.* 1993; 18(2):232-8.
606. Rissanen A, Alaranta H, Sainio P, Härkönen H. Isokinetic and non-dynamometric tests in low back pain patients related to pain and disability index. *Spine.* 1994; 19(17):1963-7.
607. Rissanen A, Heliövaara M, Alaranta H, Taimela S, Mälikä E, Knekt P, Reunanen A, Aromaa A. Does good trunk extensor performance protect against back-related work disability? *J Rehabil Med.* 2002; 34(2):62-6.
608. Rissanen A, Kalimo H, Alaranta H. Effect of intensive training on the isokinetic strength and structure of lumbar muscles in patients with chronic low back pain. *Spine* 1995; 20:333-40.
609. Rizzo JA, Abbott TA 3rd, Berger ML. The labor productivity effects of chronic backache in the United States. *Med Care.* 1998; 36(10):1471-88.
610. Roberts S, Evans H, Trivedi J, Menage J. Histology and pathology of the human intervertebral disc. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88(Suppl 2):10-4.
611. Robertson JT. Role of peridural fibrosis in the failed back: a review. *Eur Spine J.* 1996; 5 Suppl 1:S2-6.
612. Robinson JP, Rondinelli RD, Scheer SJ, Weinstein SM. Industrial rehabilitation medicine. 1. Why is industrial rehabilitation medicine unique? *Arch Phys Med Rehabil.* 1997; 78(Suppl 3):S3-9.
613. Robinson ME, Greene AF, O'Connor P, Graves JE, MacMillan M. Reliability of lumbar isometric torque in patients with chronic low back pain. *Phys Ther.* 1992; 72(3):186-90.
614. Robinson TE, Sue DY, Huszczuk A, Weiler-Ravell D, Hansen JE. Intra-arterial and cuff blood pressure responses during incremental cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(2):142-9.

615. Roche G, Ponthieux A, Parot-Shinkel E, Jousset N, Bontoux L, Dubus V, Penneau-Fontbonne D, Roquelaure Y, Legrand E, Colin D, Richard I, Fanello S. Comparison of a functional restoration program with active individual physical therapy for patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007; 88(10):1229-35.
616. Roland M, Fairbank J. The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine.* 2000; 25(24):3115-24.
617. Roland M, Morris R. A study of the natural history of back pain. Part I: development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine.* 1983; 8(2):141-4.
618. Roques CF, Felez A, Gleizes S, Van den Bossche TH, de Boissezon X, Chatain M. Isokinetic assessment of the muscles of the trunk in chronic low back pain patients. *Isokin Exer Sci.* 2005; 13:51.
619. Roques CF, Felez A, Marque P, Maupas E, Chatain M, Lazorthes Y. Feasibility of a back school assessment programme. *Ann Readapt Med Phys.* 2002; 45(6):257-264.
620. Roussel N, Nijs J, Truijen S, Breugelmans S, Claes I, Stassijns G. Reliability of the assessment of lumbar range of motion and maximal isometric strength. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 87(4):576-82.
621. Roy SH, Bonato P, Knaflietz M. EMG assessment of back muscle function during cyclical lifting. *J Electromyogr Kinesiol.* 1998; 8(4):233-45.
622. Roy SH, De Luca CJ, Emley M, Buijs RJ. Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation. *Spine.* 1995; 20(1):38-48.
623. Roy SH, Oddsson LI. Classification of paraspinal muscle impairments by surface electromyography. *Phys Ther.* 1998; 78(8):838-51.
624. Rozenberg S, Alcalay M, Duplan B, Legrand E. Facteurs de risque de la lombalgie : synthèse. *Rev Rhum.* 1998; 65(3bis):88-92S.
625. Rubin DI. Epidemiology and risk factors for spine pain. *Neurol Clin.* 2007; 25(2):353-71.
626. Rutherford OM, Jones DA, Newham DJ. Clinical and experimental application of the percutaneous twitch superimposition technique for the study of human muscle activation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1986; 49(11):1288-91.
627. Ryden LA, Molgaard CA, Bobbitt S, Conway J. Occupational low-back injury in a hospital employee population: an epidemiologic analysis of multiple risk factors of a high-risk occupational group. *Spine.* 1989; 14(3):315-20.
628. Saal JS. The role of inflammation in lumbar pain. *Spine.* 1995; 20(16):1821-7.
629. Sackett DL, Snow JC. The magnitude of adherence and nonadherence. In: RB Haynes, DW Taylor and DL Sackett, Eds. *Compliance in health care.* Baltimore : Johns Hopkins University Press. 1979; pp. 11–22.
630. Salminen JJ, Maki P, Oksanen A, Pentti J. Spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year-old schoolchildren with and without low-back pain. *Spine.* 1992; 17(4):405-11.
631. Salminen JJ, Pentti J, Terho P. Low back pain and disability in 14-year-old schoolchildren. *Acta Paediatr.* 1992; 81(12):1035-9.
632. San Juan JG, Yaggie JA, Levy SS, Mooney V, Udermann BE, Mayer JM. Effects of pelvic stabilization on lumbar muscle activity during dynamic exercise. *J Strength Cond Res.* 2005; 19(4):903-7.
633. Sander RA, Meyers JE. The relationship of disability to compensation status in railroad workers. *Spine.* 1986; 11(2):141-3.
634. Santaguida PL, McGill SM. The psoas major muscle: a three-dimensional geometric study. *J Biomech.* 1995; 28(3):339-45.
635. Satoh I, Yonenobu K, Hosono N, Ohwada T, Fuji T, Yoshikawa H. Indication of posterior lumbar interbody fusion for lumbar disc herniation. *J Spinal Disord Tech.* 2006; 19(2):104-8.
636. Saur PM, Ensink FB, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine.* 1996; 21(11):1332-8.
637. Savage RA, Millerchip R, Whitehouse GH, Edwards RH. Lumbar muscularity and its relationship with age, occupation and low back pain. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991; 63:265-8.
638. Schenk RJ, Doran RL, Stachura JJ. Learning effects of a back education program. *Spine.* 1996; 21(19):2183-9.
639. Schneider S, Randoll D, Buchner M. Why do women have back pain more than men? A representative prevalence study in the federal republic of Germany. *Clin J Pain.* 2006; 22(8):738-47.
640. Schofferman J, Mazanec D. Evidence-informed management of chronic low back pain with opioid analgesics. *Spine J.* 2008; 8(1):185-94.
641. Schofferman J. Long-term opioid analgesic therapy for severe refractory lumbar spine pain. *Clin J Pain.* 1999; 15(2):136-40.
642. Schultz IZ, Crook JM, Berkowitz J, Meloche GR, Milner R, Zuberbier OA, Meloche W. Biopsychosocial multivariate predictive model of occupational low back disability. *Spine.* 2002; 27(23):2720-5.
643. Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk N. The sacroiliac joint in chronic low back pain. *Spine.* 1995; 20(1):31-7.
644. Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. Clinical features of patients with pain stemming from the lumbar zygapophysial joints. Is the lumbar facet syndrome a clinical entity? *Spine.* 1994; 19(10):1132-7.
645. Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. The prevalence and clinical features of internal disc disruption in patients with chronic low back pain. *Spine.* 1995; 20(17):1878-83.
646. Sculco AD, Paup DC, Fernhall B, Sculco MJ. Effects of aerobic exercise on low back pain patients in treatment. *Spine J.* 2001; 1(2):95-101.
647. Seidel H, Blüthner R, Hinz B, Schust M. On the health risk of the lumbar spine due to whole-body vibration – theoretical approach, experimental data and evaluation of whole-body vibration. *Journal Sound and Vibration.* 1998; 215(4):723-41.
648. Senstad O, Leboeuf-Yde C, Borchgrevink C. Frequency and characteristics of side effects of spinal manipulative therapy. *Spine.* 1997; 22(4):435-41.

649. Seymour RA, Simpson JM, Charlton JE, Phillips ME. An evaluation of length and end-phrase of visual analogue scales in dental pain. *Pain*. 1985; 21(2):177-85.
650. Shirado O, Ito T, Kaneda K, Strax TE. Concentric and eccentric strength of trunk muscles: influence of test postures on strength and characteristics of patients with chronic low-back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995; 76(7):604-11.
651. Shirado O, Ito T, Kikumoto T, Takeda N, Minami A, Strax TE. A novel back school using a multidisciplinary team approach featuring quantitative functional evaluation and therapeutic exercises for patients with chronic low back pain: the Japanese experience in the general setting. *Spine*. 2005; 30(10):1219-25.
652. Shirado O, Kaneda K, Ito T. Trunk-muscle strength during concentric and eccentric contraction: a comparison between healthy subjects and patients with chronic low-back pain. *J Spinal Disord*. 1992; 5(2):175-82.
653. Sihvonen T, Herno A, Paljärvi L, Airaksinen O, Partanen J, Tapaninaho A. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. *Spine*. 1993;18(5):575-81.
654. Simmonds MJ, Olson SL, Jones S, Hussein T, Lee CE, Novy D, Radwan H. Psychometric characteristics and clinical usefulness of physical performance tests in patients with low back pain. *Spine*. 1998; 23(22):2412-21.
655. Simmons ED Jr, Guntupalli M, Kowalski JM, Braun F, Seidel T. Familial predisposition for degenerative disc disease. A case-control study. *Spine*. 1996; 21(13):1527-9.
656. Sinclair SJ, Hogg-Johnson SH, Mondloch MV, Shields SA. The effectiveness of an early active intervention program for workers with soft-tissue injuries. The Early Claimant Cohort Study. *Spine*. 1997; 22(24):2919-31.
657. Sirca A, Kostevc V. The fibre type composition of thoracic and lumbar paravertebral muscles in man. *J Anat*. 1985; 141:131-7.
658. Sjölie AN, Ljunggren AE. The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine*. 2001; 26(23):2629-36.
659. Skovron ML, Szpalski M, Nordin M, Melot C, Cukier D. Sociocultural factors and back pain. A population-based study in Belgian adults. *Spine*. 1994; 19(2):129-37.
660. Slade SC, Keating JL. Trunk-strengthening exercises for chronic low back pain: a systematic review. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006; 29(2):163-73.
661. Slosar PJ. Indications and outcomes of reconstructive surgery in chronic pain of spinal origin. *Spine*. 2002; 27(22):2555-63.
662. Sluijs EM, Kok GJ, van der Zee J. Correlates of exercise compliance in physical therapy. *Phys Ther*. 1993; 73(11):771-86.
663. Smeets RJ, Vlaeyen JW, Hidding A, Kester AD, van der Heijden GJ, van Geel AC, Knottnerus JA. Active rehabilitation for chronic low back pain: Cognitive-behavioral, physical, or both? First direct post-treatment results from a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006; 7(1):5.
664. Smeets RJ, Vlaeyen JW, Kester AD, Knottnerus JA. Reduction of pain catastrophizing mediates the outcome of both physical and cognitive-behavioral treatment in chronic low back pain. *J Pain*. 2006; 7(4):261-71.
665. Smeets RJ, Wade D, Hidding A, Van Leeuwen PJ, Vlaeyen JW, Knottnerus JA. The association of physical deconditioning and chronic low back pain: a hypothesis-oriented systematic review. *Disabil Rehabil*. 2006; 28(11):673-93.
666. Smeets RJ, Wittink H, Hidding A, Knottnerus JA. Do patients with chronic low back pain have a lower level of aerobic fitness than healthy controls? Are pain, disability, fear of injury, working status, or level of leisure time activity associated with the difference in aerobic fitness level? *Spine*. 2006; 31(1):90-8.
667. Smeets RJ, Wittink H. The deconditioning paradigm for chronic low back pain unmasked? *Pain*. 2007; 130(3):201-2.
668. Smidt G, Herring T, Amundsen L, Rogers M, Russell A, Lehmann T. Assessment of abdominal and back extensor function. A quantitative approach and results for chronic low-back patients. *Spine*. 1983; 8(2):211-9.
669. Smidt N, de Vet HC, Bouter LM, Dekker J, Arendzen JH, de Bie RA, Bierma-Zeinstra SM, Helders PJ, Keus SH, Kwakkel G, Lenssen T, Oostendorp RA, Ostelo RW, Reijman M, Terwee CB, Theunissen C, Thomas S, van Baar ME, van 't Hul A, van Peppen RP, Verhagen A, van der Windt DA; Exercise Therapy Group. Effectiveness of exercise therapy: a best-evidence summary of systematic reviews. *Aust J Physiother*. 2005; 51(2):71-85.
670. Smith K. Brain waves reveal intensity of pain. *Nature*. 2007; 450(7168):329.
671. Smith SS, Mayer TG, Gatchel RJ, Becker TJ. Quantification of lumbar function. Part 1: Isometric and multispeed isokinetic trunk strength measures in sagittal and axial planes in normal subjects. *Spine*. 1985; 10(8):757-64.
672. Solgaard S, Kristiansen B, Jensen JS. Evaluation of instruments for measuring grip strength. *Acta Orthop Scand*. 1984; 55(5):569-72.
673. Somville PR. Evaluation de l'exposition professionnelle aux facteurs de risque mécaniques de la lombalgie dans un contexte épidémiologique. Thèse de Doctorat en Sciences de la Santé Publique, Université de Liège, Faculté de Médecine, 2006.
674. Sparto PJ, Parnianpour M. Estimation of trunk muscle forces and spinal loads during fatiguing repetitive trunk exertions. *Spine*. 1998; 23(23):2563-73.
675. Spitzer, WO, LeBlanc FE, Dupuis M. A scientific approach to the assessment and management of activity related spinal disorders: A monograph for clinicians. Report of the Quebec Task Force on Spinal Disorders. *Spine*. 1987; 12(Suppl 75): S3-59.
676. Stebbins CL, Walsler B, Jafarzadeh M. Cardiovascular responses to static and dynamic contraction during comparable workloads in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2002; 283(3):568-75.
677. Stevens V, Crombez G, Parlevliet T, Descheemaeker F, Bouche K, Vanderstraeten G, Danneels L. The effectiveness of specific exercise therapy versus device exercise therapy in the treatment of chronic low back pain patients. Abstract book of 6th Interdisciplinary World Congress on Low Back & Pelvic Pain, Barcelona, 2007, 177.
678. Stevens VK, Parlevliet TG, Coorevits PL, Mahieu NN, Bouche KG, Vanderstraeten GG, Danneels LA. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *J Electromyogr Kinesiol*. (in press).

679. Stevenson JM, Weber CL, Smith JT, Dumas GA, Albert WJ. A longitudinal study of the development of low back pain in an industrial population. *Spine*. 2001; 26(12):1370-7.
680. Stokes IA, Henry SM, Single RM. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. *Clin Biomech*. 2003; 18(1):9-13.
681. Storheim K, Brox JI, Holm I, Koller AK, Bø K. Intensive group training versus cognitive intervention in sub-acute low back pain: short-term results of a single-blind randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2003; 35(3):132-40.
682. Storheim K, Holm I, Gunderson R, Brox JI, Bø K. The effect of comprehensive group training on cross-sectional area, density, and strength of paraspinal muscles in patients sick-listed for subacute low back pain. *J Spinal Disord Tech*. 2003; 16:271-9.
683. Stratford PW, Binkley JM, Riddle DL, Guyatt GH. Sensitivity to change of the Roland-Morris Back Pain Questionnaire: part 1. *Phys Ther*. 1998; 78(11):1186-96.
684. Strong J, Ashton R, Chant D. Pain intensity measurement in chronic low back pain. *Clin J Pain*. 1991; 7(3):209-18.
685. Sullivan MJ, Stanish WD. Psychologically based occupational rehabilitation: the Pain-Disability Prevention Program. *Clin J Pain*. 2003; 19(2):97-104.
686. Suter E, Lindsay D. Back muscle fatigability is associated with knee extensor inhibition in subjects with low back pain. *Spine*. 2001; 26(16):E361-6.
687. Svensson HO, Andersson GB. Low-back pain in 40- to 47-year-old men: work history and work environment factors. *Spine*. 1983; 8(3):272-6.
688. Svensson HO, Andersson GB. The relationship of low-back pain, work history, work environment, and stress. A retrospective cross-sectional study of 38- to 64-year-old women. *Spine*. 1989; 14(5):517-22.
689. Svensson P, Miles TS, Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. Modulation of stretch-evoked reflexes in single motor units in human masseter muscle by experimental pain. *Exp Brain Res*. 2000; 132(1):65-71.
690. Swärd L, Svensson M, Zetterberg C. Isometric muscle strength and quantitative electromyography of back muscles in wrestlers and tennis players. *Am J Sports Med*. 1990; 18(4):382-6.
691. Swinkels-Meewisse EJ, Swinkels RA, Verbeek AL, Vlaeyen JW, Oostendorp RA. Psychometric properties of the Tampa Scale for kinesiophobia and the fear-avoidance beliefs questionnaire in acute low back pain. *Man Ther*. 2003; 8(1):29-36.
692. Symonds TL, Burton AK, Tillotson KM, Main CJ. Absence resulting from low back trouble can be reduced by psychosocial intervention at the work place. *Spine*. 1995; 20(24):2738-45.
693. Taimela S, Diederich C, Hubsch M, Heinricy M. The role of physical exercise and inactivity in pain recurrence and absenteeism from work after active outpatient rehabilitation for recurrent or chronic low back pain: a follow-up study. *Spine*. 2000; 25(14):1809-16.
694. Taimela S, Härkäpää K. Strength, mobility, their changes, and pain reduction in active functional restoration for chronic low back disorders. *J Spinal Disord*. 1996; 9(4):306-12.
695. Taimela S, Kankaanpää M, Airaksinen O. A submaximal back extension endurance test utilising subjective perception of low back fatigue. *Scand J Rehabil Med*. 1998; 30(2):107-12.
696. Taimela S, Kujala UM, Salminen JJ, Viljanen T. The prevalence of low back pain among children and adolescents. A nationwide, cohort-based questionnaire survey in Finland. *Spine*. 1997; 22(10):1132-6.
697. Taimela S. Chronische Schmerzen des unteren Rückens: Prinzipien und prognostische Faktoren gymnastischer Übungen. *Manuelle Medizin*. 1997; 35(4):194-205.
698. Takemasa R, Yamamoto H, Tani T. Trunk muscle strength in and effect of trunk muscle exercises for patients with chronic low back pain. The differences in patients with and without organic lumbar lesions. *Spine*. 1995; 20(23):2522-30.
699. Talo S, Puukka P, Rytökoski U, Rönnemaa T, Kallio V. Can treatment outcome of chronic low back pain be predicted? Psychological disease consequences clarifying the issue. *Clin J Pain*. 1994; 10(2):107-21.
700. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol*. 1955; 8(1):73-80.
701. Taylor RS, Fritzell P, Taylor RJ. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2007; 16(8):1085-100.
702. Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine*. 2006; 31(23):2747-55.
703. Thomas E, Blotman F. Tabagisme et lombalgies. *Rev Rhum*. 1998; 65:63-67S.
704. Thomas E, Silman AJ, Papageorgiou AC, Macfarlane GJ, Croft PR. Association between measures of spinal mobility and low back pain. An analysis of new attenders in primary care. *Spine*. 1998; 23(3):343-7.
705. Thorstensson A, Nilsson J. Trunk muscle strength during constant velocity movements. *Scand J Rehabil Med*. 1982; 14(2):61-8.
706. Tomasella M. Contribution à l'étude électromyographique de la musculature paravertébrale dorso-lombaire. Thèse de Doctorat en Sciences Biomédicales, Université de Liège, Faculté de Médecine, 2004.
707. Torsvall L, Akerstedt T, Lindbeck G. Effects on sleep stages and EEG power density of different degrees of exercise in fit subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1984; 57:347-53.
708. Trafimow JH, Schipplein OD, Novak GJ, Andersson GB. The effects of quadriceps fatigue on the technique of lifting. *Spine*. 1993; 18(3):364-7.
709. Troisier O. Verrouillage segmentaire. In : *Sémiologie et traitement des algies discales et ligamentaires du rachis*. Paris : Masson 1973; pp. 434-47.
710. Troup JD, Martin JW, Lloyd DC. Back pain in industry. A prospective survey. *Spine*. 1981; 6(1):61-9.
711. Troup JD. Relation of lumbar spine disorders to heavy manual work and lifting. *Lancet*. 1965; 1:857-61.

712. Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2007; in press.
713. Tsuboi T, Satou T, Egawa K, Izumi Y, Miyazaki M. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994; 69(4):361-6.
714. Tully EA, Stillman BC. Computer-aided video analysis of vertebrofemoral motion during toe touching in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997; 78(7):759-66.
715. Turk DC, Okifuji A. Perception of traumatic onset, compensation status and physical findings: impact on pain severity, emotional distress, and disability in chronic pain patients. *J Behav Med.* 1996; 19:435-53.
716. Turner JA, Fulton-Kehoe D, Franklin G, Wickizer TM, Wu R. Comparison of the Roland-Morris Disability Questionnaire and generic health status measures: a population-based study of workers' compensation back injury claimants. *Spine.* 2003; 28(10):1061-7.
717. Tveit P, Daggfeldt K, Hetland S, Thorstensson A. Erector spinae lever arm length variations with changes in spinal curvature. *Spine.* 1994; 19(2):199-204.
718. Udermann BE, Graves JE, Donelson RG, Ploutz-Snyder L, Boucher JP, Iriso JH. Pelvic restraint effect on lumbar gluteal and hamstring muscle electromyographic activation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80(4):428-31.
719. Umezū Y, Kawazu T, Tajima F, Ogata H. Spectral electromyographic fatigue analysis of back muscles in healthy adult women compared with men. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 79(5):536-8.
720. Underwood MR. Crisis: what crisis? *Eur Spine J.* 1998; 7(1):2-5.
721. Urbach D, Nebelung W, Weiler HT, Awiszus F. Bilateral deficit of voluntary quadriceps muscle activation after unilateral ACL tear. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(12):1691-6.
722. Urquhart DM, Hodges PW, Allen TJ, Story IH. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Man Ther.* 2005; 10(2):144-53.
723. Urzica I, Tiffreau V, Popielarz S, Duquesnoy B, Thevenon A. Isokinetic trunk strength testing in chronic low back pain. The role of habituation and training to improve measures. *Ann Readapt Med Phys.* 2007; 50(5):271-4.
724. Valat JP, Goupille P, Rozenberg S, Urbinelli R, Allaert F. Indice prédictif de l'évolution chronique des lombalgies aiguës. Élaboration par l'étude d'une cohorte de 2487 patients. *Rev Rhum.* 2000; 67:456-61.
725. van den Bosch MA, Hollingworth W, Kinmonth AL, Dixon AK. Evidence against the use of lumbar spine radiography for low back pain. *Clin Radiol.* 2004; 59(1):69-76.
726. van den Hoogen HJ, Koes BW, Devillé W, van Eijk JT, Bouter LM. The prognosis of low back pain in general practice. *Spine.* 1997; 22(13):1515-21.
727. van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Ijzerman MJ. A systematic review of sociodemographic, physical, and psychological predictors of multidisciplinary rehabilitation-or, back school treatment outcome in patients with chronic low back pain. *Spine.* 2005; 30(7):813-25.
728. van der Velde G, Mierau D. The effect of exercise on percentile rank aerobic capacity, pain, and self-rated disability in patients with chronic low-back pain: a retrospective chart review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000; 81(11):1457-63.
729. van Geen JW, Edelaar MJ, Janssen M, van Eijk JT. The long-term effect of multidisciplinary back training: a systematic review. *Spine.* 2007; 32(2):249-55.
730. Van Nieuwenhuyse A, Fatkhutdinova L, Verbeke G, Pirenne D, Johannik K, Somville PR, Mairiaux P, Moens GF, Masschelein R. Risk factors for first-ever low back pain among workers in their first employment. *Occup Med.* 2004; 54(8):513-9.
731. Van Nieuwenhuyse A, Somville PR, Crombez G, Burdorf A, Verbeke G, Johannik K, Van den Bergh O, Masschelein R, Mairiaux P, Moens GF; BelCoBack Study Group. The role of physical workload and pain related fear in the development of low back pain in young workers: evidence from the BelCoBack Study; results after one year of follow up. *Occup Environ Med.* 2006; 63(1):45-52.
732. van Sluijs EM, Griffin SJ, van Poppel MN. A cross-sectional study of awareness of physical activity: associations with personal, behavioral and psychosocial factors. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2007; 4:53.
733. van Sluijs EM, van Poppel MN, Twisk JW, van Mechelen W. Physical activity measurements affected participants' behavior in a randomized controlled trial. *J Clin Epidemiol.* 2006; 59(4):404-11.
734. van Tulder 2006. COST B13 Working Group on Guidelines for Chronic Low Back Pain. Introduction. *Eur Spine J.* 2006; Suppl 2:S134-5.
735. van Tulder MW, Koes BW, Bouter LM. A cost-of-illness study of back pain in The Netherlands. *Pain.* 1995; 62(2):233-40.
736. van Vliet PM, Heneghan NR. Motor control and the management of musculoskeletal dysfunction. *Man Ther.* 2006; 11(3):208-13.
737. Vanderthommen M, Boulanger AS, Defaweux M, Tomasella M, Crielaard JM. Validation of an evaluation test of activities of daily living behavior for patients with chronic low back pain. *Ann Readapt Med Phys.* 2001; 44(5):281-290.
738. Vanderthommen M, Demoulin C, Grosdent S, Somville PR, Tomasella M, Capron L, Crielaard JM. Benefits of an out-patient multidisciplinary rehabilitation program in the treatment of chronic low back pain. Abstract book of 6th Interdisciplinary World Congress on Low Back & Pelvic Pain, Barcelona, 2007, 225-6.
739. Vanderthommen M, Demoulin C, Jacques PA, Crielaard JM. Muscular recruitment during instrumental evaluation of the trunk extension torque: influence of a pelvic stabilization system. Abstract book of 6th Interdisciplinary World Congress on Low Back & Pelvic Pain, Barcelona, 2007, 350-1.
740. Vanderthommen M, Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exerc Sport Sci Rev.* 2007; 35(4):180-5.
741. Vanharanta H. The intervertebral disc: a biologically active tissue challenging therapy. *Ann Med.* 1994; 26:395-9.

742. Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, Bousema EJ, van der Heijden GJ, Heuts PH, Knottnerus JA. Pain-related factors contributing to muscle inhibition in patients with chronic low back pain: an experimental investigation based on superimposed electrical stimulation. *Clin J Pain*. 2005; 21(3):232-40.
743. Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, van de Heijden GJ, Heuts PH, Pons K, Knottnerus JA. Disuse and deconditioning in chronic low back pain: concepts and hypotheses on contributing mechanisms. *Eur J Pain*. 2003; 7(1):9-21.
744. Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, van der Heijden GJ, Knottnerus JA. Fear of injury and physical deconditioning in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84(8):1227-32.
745. Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81(10):1370-9.
746. Viry P, Creveuil C, Marcelli C. Nonspecific back pain in children. A search for associated factors in 14-year-old schoolchildren. *Rev Rhum Engl Ed*. 1999; 66(7-9):381-8.
747. Vlaeyen JW, Haazen IW, Schuerman JA, Kole-Snijders AM, van Eek H. Behavioural rehabilitation of chronic low back pain: comparison of an operant treatment, an operant-cognitive treatment and an operant-respondent treatment. *Br J Clin Psychol*. 1995; 34(1):95-118.
748. Vlaeyen JW, Kole-Snijders AM, Boeren RG, van Eek H. Fear of movement/(re)injury in chronic low back pain and its relation to behavioral performance. *Pain*. 1995; 62(3):363-72.
749. Vlaeyen JW, Kole-Snijders AM, Rotteveel A, Ruesink R, Heuts PH. The role of fear of movement/(re)injury in pain disability. *J Occup Rehabil*. 1995; 5:235-52.
750. Vlaeyen JW, Linton SJ. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. *Pain*. 2000; 85(3):317-32.
751. Voisin P, Weissland T, Vanvelcenaher J. Evaluation clinique chez le lombalgique de la flexion lombo-pelvienne en position debout. *Kinésithérapie Scientifique*. 2000; 397:31-5.
752. Voloshin AS, Mizrahi J, Verbitsky O, Isakov E. Dynamic loading on the human musculoskeletal system -- effect of fatigue. *Clin Biomech*. 1998; 13(7):515-20.
753. Vuillaume D. La lombalgie commune : données épidémiologiques et questions de santé publique. *Ann Kinésithér*. 1999; 26(4):154-64.
754. Waddell G, Burton AK. Concepts of rehabilitation for the management of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2005; 19(4):655-70.
755. Waddell G, Feder G, Lewis M. Systematic reviews of bed rest and advice to stay active for acute low back pain. *Br J Gen Pract*. 1997; 47(423):647-52.
756. Waddell G, Newton M, Henderson I, Somerville D, Main CJ. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*. 1993; 52(2):157-68.
757. Waddell G, Somerville D, Henderson I, Newton M. Objective clinical evaluation of physical impairment in chronic low back pain. *Spine*. 1992; 17(6):617-28.
758. Waddell G. 1987 Volvo award in clinical sciences. A new clinical model for the treatment of low-back pain. *Spine*. 1987; 12(7):632-44.
759. Waddell G. Biopsychosocial analysis of low back pain. *Baillieres Clin Rheumatol*. 1992; 6(3):523-57.
760. Waddell G. The physical basis of back pain. In: Waddell G Ed. *The Back Pain Revolution*. London : Churchill Livingstone. 1998; pp. 135-154.
761. Wagner E, Ehrenhofer B, Lackerbauer E, Pawelak U, Siegmeth W. Rehabilitation of non-specific low back pain. Results of a multidisciplinary in-patient program. *Schmerz*. 2007; 21(3):226, 228-33.
762. Walsworth M. Lumbar paraspinale electromyographic activity during trunk extension exercises on two types of exercise machines. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 2004; 44(4):201-7.
763. Weber BR, Grob D, Dvorak J, Muntener M. Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effect on the multifidus muscle. *Spine*. 1997; 22:1765-72.
764. Weber M, Cedraschi C, Roux E, Kissling RO, Von Kanel S, Dalvit G. A prospective controlled study of low back school in the general population. *Br J Rheumatol*. 1996; 35(2):178-83.
765. Weinstein SM, Herring SA, Derby R. Contemporary concepts in spine care. Epidural steroid injections. *Spine*. 1995; 20(16):1842-6.
766. Wheeler AH. Pathophysiology of Chronic Back Pain. eMedicine from WebMD. Updated July 9, 2007. Available at: <http://www.emedicine.com/neuro/TOPIC516.HTM>.
767. Wilby MJ, Seeley H, Laing RJ. Laminectomy for lumbar canal stenosis: a safe and effective treatment. *Br J Neurosurg*. 2006; 20(6):391-5.
768. Wilder DG, Aleksiev AR, Magnusson ML, Pope MH, Spratt KF, Goel VK. Muscular response to sudden load. A tool to evaluate fatigue and rehabilitation. *Spine*. 1996; 21(22):2628-39.
769. Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, Arand M, Wiesend A. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study. *Spine*. 1995; 20(2):192-8.
770. Williams PC. *The Lumbosacral Spine*. New York : McGraw-Hill. 1965.
771. Williams RA, Pruijts D, Doctor JN, Epping-jordan JE, Wahlgren DR, Grant I, Patterson TL, Webster JS, Slater MA, Atkinson JH. The contribution of job Satisfaction to the transition from acute to chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998; 79(4):366-74.
772. Wittink H, Hoskins Michel T, Wagner A, Sukiennik A, Rogers W. Deconditioning in patients with chronic low back pain: fact or fiction? *Spine*. 2000; 25(17):2221-8.
773. Wittink H, Michel TH, Kulich R, Wagner A, Sukiennik A, Maciewicz R, Rogers W. Aerobic fitness testing in patients with chronic low back pain: which test is best? *Spine*. 2000; 25(13):1704-10.

774. Wittink H, Michel TH, Sukiennik A, Gascon C, Rogers W. The association of pain with aerobic fitness in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83(10):1467-71.
775. Wittink H, Rogers W, Gascon C, Sukiennik A, Cynn D, Carr DB. Relative contribution of mental health and exercise-related pain increment to treadmill test intolerance in patients with chronic low back pain. *Spine.* 2001; 26(21):2368-74.
776. Woby SR, Roach NK, Urmston M, Watson PJ. Psychometric properties of the TSK-11: a shortened version of the Tampa Scale for Kinesiophobia. *Pain.* 2005; 117(1-2):137-44.
777. Woby SR, Roach NK, Urmston M, Watson PJ. The relation between cognitive factors and levels of pain and disability in chronic low back pain patients presenting for physiotherapy. *Eur J Pain.* 2007; 11(8):869-77.
778. Woby SR, Watson PJ, Roach NK, Urmston M. Are changes in fear-avoidance beliefs, catastrophizing, and appraisals of control, predictive of changes in chronic low back pain and disability? *Eur J Pain.* 2004; 8(3):201-10.
779. Woolf CJ, Salter MW. Neuronal plasticity: increasing the gain in pain. *Science.* 2000; 288(5472):1765-9.
780. Wormgoor ME, Indahl A, van Tulder MW, Kemper HC. The impact of aerobic fitness on functioning in chronic back pain. *Eur Spine J.* 2007; in press.
781. Zhou Y, Abdi S. Diagnosis and minimally invasive treatment of lumbar discogenic pain—a review of the literature. *Clin J Pain.* 2006; 22(5):468-81.

## **VII. Annexes**

# Annexe 1

Nom :

Date :

## Questionnaire téléphonique pour l'étude rétrospective

1. Votre dos vous fait-il toujours souffrir ? OUI - NON

### Depuis votre participation à notre programme :

2. La fréquence de survenue de votre mal de dos :  
- a augmenté  
- a diminué  
- est inchangée

3. L'intensité de votre mal de dos :  
- a augmenté  
- a diminué  
- est inchangée

4. Globalement, vous sentez-vous :  
- mieux  
- moins bien  
- inchangé

5. Votre situation professionnelle a-t-elle changé OUI - NON  
Si oui, est-ce lié à :  
- une évolution favorable de votre mal de dos  
- une évolution défavorable de votre mal de dos  
- une autre raison

6. Avez-vous pris des congés de maladie en raison de vos maux de dos.  
Si oui, combien approximativement ? .....

7. Avez-vous bénéficié de soins particuliers pour votre dos ? OUI - NON  
Si oui, lesquels ?  
- kinésithérapie  
- ostéopathie  
- infiltration  
Si oui, combien ?  
.....

### Actuellement :

8. Pratiquez-vous plus, moins ou autant d'activités physiques qu'avant votre participation au programme ?  
- moins  
- idem (rien)  
- idem (même activité)  
- plus

Si vous en pratiquez, quelles sont-elles ? .....

Quelle durée hebdomadaire y consacrez-vous ?  
- plus de 2 heures (précisez).....  
- entre 1 et 2 heures  
- entre 30 minutes et 1 heure  
- moins de 30 minutes

9. Vous paraîtrait-il nécessaire d'organiser une séance de rappel ? OUI - NON  
Si oui, combien de temps après le programme? .....

## Annexe 2

### Questionnaire cognitif

Vrai - Faux – Ne sais pas ( ? ) : Entourez la réponse exacte.

- 1) La colonne vertébrale ne comporte que 2 courbures. V - F - ?
- 2) Porter une charge à bout de bras peut tripler la pression intradiscale. V - F - ?
- 3) Les mouvements combinés de flexion et rotation du tronc sont néfastes pour la colonne vertébrale. V - F - ?
- 4) Il convient de renforcer ses abdominaux jusqu'à l'effacement de la courbure lombaire. V - F - ?
- 5) La respiration peut influencer les courbures de la colonne vertébrale. V - F - ?

QCM : Entourez la réponse exacte.

- 1) La pression intradiscale est la plus élevée en :
  - a) couché dorsal
  - b) assis
  - c) debout bien droit
  - d) couché latéral
  - e) je ne sais pas
- 2) Une hernie discale signifie :
  - a) une fracture de l'os vertébral
  - b) une saillie d'une partie du disque en dehors de ses limites normales
  - c) une diminution de la hauteur du disque vertébral
  - d) une inflammation du disque vertébral
  - e) je ne sais pas
- 3) La partie du disque la plus fréquemment endommagée est :
  - a) la partie antérieure (avant)
  - b) la partie centrale
  - c) la partie postérieure (arrière)
  - d) elles ont une chance égale d'être lésée
  - e) je ne sais pas
- 4) Pour diminuer la pression intradiscale, il est nécessaire de réaliser :
  - a) des exercices de flexion vers l'avant
  - b) des exercices de rotation du tronc
  - c) des exercices d'autoagrandissement
  - d) les 3 types d'exercice
  - e) je ne sais pas

- 5) En cas de lombalgie chronique, les activités physiques (de type vélo, marche, natation,...) sont :
- a) utiles et nécessaires
  - b) inutiles
  - c) contre-indiquées
  - d) pas les plus adaptées
  - e) je ne sais pas
- 6) En cas de lombalgie chronique, les muscles du dos :
- a) doivent être assouplis sans être renforcés
  - b) doivent être renforcés et assouplis
  - c) doivent être renforcés sans être assouplis
  - d) doivent être laissés au repos
  - e) je ne sais pas
- 7) Les lombalgies peuvent être provoquées par :
- a) la position adoptée pour dormir
  - b) une accumulation de stress
  - c) la façon de lever des charges
  - d) l'ensemble des 3 propositions
  - e) je ne sais pas
- 8) La position de conduite dans une voiture traditionnelle (pas une « jeep ») doit tenir compte des paramètres suivants :
- a) siège plutôt avancé et dossier à la verticale
  - b) siège plutôt avancé et dossier légèrement incliné vers l'arrière
  - c) siège plutôt reculé et dossier légèrement incliné vers l'arrière
  - d) siège plutôt reculé et dossier à la verticale
  - e) je ne sais pas
- 9) Lorsqu'on soulève une charge, le plus important est de :
- a) maintenir sa courbure lombaire
  - b) maintenir le contact visuel avec la charge
  - c) maintenir les pieds joints
  - d) appliquer l'ensemble des 3 propositions
  - e) je ne sais pas
- 10) Une hernie discale :
- a) peut se résorber avec le temps
  - b) peut provoquer des douleurs dans les fesses et la face postérieure des cuisses
  - c) n'entraîne pas toujours de douleurs
  - d) les 3 propositions précédentes sont possibles
  - e) je ne sais pas